COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1919.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1919

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 3 juillet 1919, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **H. Andoyer** pour occuper, dans la Section d'Astronomie, la place vacante par le décès de M. *Ch. Wolf*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **H. Andoyer** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort de Lord **Rayleigh**, survenue le 30 juin à Witham, dans le comté d'Essex, enlève à l'Académie un de ses Associés les plus illustres,

qui fut le brillant continuateur de cette série de grands physiciens dont les travaux ont jeté, depuis plus d'un siècle, un si vif éclat sur la science anglaise.

Né en 1842 et connu d'abord sous le nom de John William Strutt, avant de prendre la place de son père à la Chambre des Lords, il avait, en 1879, succédé à Maxwell dans la chaire de Physique de l'Université de Cambridge; en 1887, il venait à Londres occuper celle de Tyndall à la Royal Institution. Ancien secrétaire et président de la Société royale de Londres, lauréat du prix Nobel en 1904, il était élu, en 1910, Associé étranger de notre Académie.

Les travaux de Lord Rayleigh touchent à presque toutes les branches de la Physique et même à la Chimie. Dans toutes les questions qu'il a abordées, nul n'a su, mieux que lui, discuter d'une façon approfondie les principes et les expériences, ni en tirer avec plus de sagacité les conséquences légitimes.

Les Mémoires de Lord Rayleigh sur l'Optique sont extrêmement nombreux et variés. Ils ont une forme pour ainsi dire parfaite, et leur ensemble constitue un admirable traité d'optique physique. Ils se rapportent à la formation des images, à la polarisation, à la diffraction par les réseaux et à leur reproduction photographique, à la réflexion de la lumière à la surface des cristaux, etc. Un des plus intéressants a trait à la couleur bleue du ciel, dont Lord Rayleigh a fourni l'explication restée jusque-là fort obscure. Son travail sur la reproduction des couleurs par la combinaison de trois couleurs fondamentales est devenu classique.

Dans le domaine de la Physique moléculaire, ses recherches sur les phénomènes capillaires sont d'une grande portée théorique et d'une rare élégance expérimentale. Il en est de même de celles qui concernent la tension superficielle de certains liquides. Rappelons, en particulier, ses études sur les mouvements du camphre à la surface de l'eau. En évaluant l'épaisseur d'une couche graisseuse suffisante pour arrêter ces mouvements, Lord Rayleigh fut conduit à expliquer l'extraordinaire effet calmant de l'huile sur le clapotis et, en bon Anglais, il consacra tout un Mémoire à ce côté pratique de la question.

Un de ses sujets de prédilection a été l'Acoustique. Son magistral Ouvrage intitulé *Théorie du son*, où il étudie la propagation du son, les résonnances, les vibrations des membranes, la répulsion acoustique, etc., n'est pas moins remarquable par les très nombreuses et très originales expériences dont Lord Rayleigh est l'auteur, que par la puissance des vues

théoriques et la souplesse avec laquelle, rappelant les travaux de nos grands physiciens de la première moitié du siècle dernier, il sait approprier les investigations mathématiques à chaque difficulté nouvelle.

Plus tard, ce fut l'Électricité qui lui fournit de nouveaux sujets d'étude. Il s'occupa de la détermination de l'ohm et de l'étalon de force électromotrice. Dans ces travaux de métrologie électrique, commencés en 1881, avant l'ouverture du Congrès des Électriciens et poursuivis durant plusieurs années, Lord Rayleigh s'est montré, avec plus de précision dans les mesures, le digne continuateur de ses illustres devanciers, Maxwell et Lord Kelvin.

Mais la découverte qui vint mettre le nom de Lord Rayleigh au premier plan, celle qui rendit surtout sa notoriété universelle, ce fut la découverte de l'argon, trouvé et isolé par lui, il y a quinze ans, avec la collaboration de William Ramsay.

Dès 1888, la question de la densité exacte de différents gaz le préoccupait et l'amenait à signaler certaines causes d'erreur dans les déterminations faites antérieurement par les physiciens les plus habiles. Lorsqu'il en vint à l'azote, il observa que la densité de ce gaz varie suivant qu'il provient de l'air atmosphérique ou de composés chimiques, tels que l'ammoniaque, les oxydes d'azote ou l'urée. La différence est d'ailleurs très faible, un demi-centième environ. C'est pourtant cette minime différence qui allait conduire à une grande découverte. Un siècle auparavant, dans ses recherches sur la composition de l'air, Cavendish avait observé que l'enlèvement total de l'oxygène et de l'azote laissait un résidu qui ne ressemblait ni à l'un, ni à l'autre de ces deux gaz; mais cette remarque n'avait pas autrement fixé l'attention.

Ce fut en août 1894, après de minutieuses expériences, que Lord Rayleigh et William Ramsay annoncèrent, à la session de l'Association britannique tenue à Oxford, que l'air renferme un nouveau gaz, d'une densité supérieure à celle de l'azote.

La nouvelle ne fut pas accueillie d'emblée sans scepticisme, tant la chose paraissait invraisemblable. Mais, après le Mémoire détaillé publié l'année suivante par les deux savants, après l'étude spectroscopique de Crookes sur le nouveau gaz, et les expériences d'Olzewski sur sa liquéfaction et sa solidification, il fallut bien se rendre à l'évidence. Sans vouloir diminuer le mérite de Ramsay, qui possède tant d'autres titres de gloire, il est permis de penser que, par ses mesures d'une extraordinaire précision, Lord Rayleigh a joué le principal rôle dans la découverte de l'argon.

Cette découverte a eu pour conséquence immédiate d'inciter Ramsay à

chercher d'autres gaz encore inconnus, et l'on sait que, bientôt après, avec Morris Travers, il trouvait le néon, le krypton et le xénon.

Dans tous les domaines où il a dirigé ses multiples investigations, Lord Rayleigh a donc été l'heureux émule des plus grands physiciens de ces derniers temps. Théoricien puissant, sachant user avec une rare habileté des ressources de l'analyse mathématique, il s'est montré en même temps expérimentateur hors de pair. Son nom restera comme un des plus illustres de la Science contemporaine.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 22 décembre.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 15 juillet.

M. **Ch. Lallemand** annonce à l'Académie, de la part de M. **J. de Schokalsky**, Président de la Société de Géographie de Petrograd, que, sur sa proposition, le *Système universel des fuseaux horaires*, adopté, il y a quelques mois, par l'Administration russe de la Marine, vient également d'être rendu réglementaire pour le Service des chemins de fer, à partir du 1er juillet.

M. Ch. Lallemand dépose sur le Bureau un exemplaire du planisphère, édité par le Service hydrographique russe et montrant les limites territoriales des divers fuseaux.

M. Lallemand annonce, d'autre part, que, toujours sur l'initiative de M. J. de Schokalsky, l'emploi du Système métrique, jusqu'ici facultatif en Russie, vient d'être rendu obligatoire, à partir de 1920, pour un certain nombre de services, et à partir de 1925 pour les autres.

Le Bureau Central des Poids et Mesures de Russie est chargé d'établir, pour les usages commerciaux et industriels, des copies des étalons et de leurs subdivisions. Il a, de même, reçu mission de préparer des *Instructions pratiques* pour l'emploi du Système métrique, ainsi que des brochures explicatives destinées à en vulgariser partout les avantages.

PHYSIOLOGIE. — *De l'action immunisante du chlorure de sodium contre l'injection anaphylactique déchaînante* (Thérapeutique métatrophique). Note de MM. **Charles Richet**, **P. Brodin** et **F. Saint-Girons**.

Si, trois semaines après une première injection (préparante) de plasma de cheval à un chien, on fait au même chien une injection (déchaînante) de 50^{cm^3} de ce même plasma de cheval, la réaction anaphylactique, *qui ne manque jamais*, est brutale, soudaine et intense. Cris, diarrhée, congestion intestinale presque hémorragique, ténesme rectal, vomissements, dilatation des pupilles, abaissement de la pression artérielle, impuissance motrice absolue, respiration asphyxique, contractions cardiaques affaiblies et pouls précipité. Le plus souvent la mort survient au bout de deux ou trois heures, parfois même en quelques minutes.

Or, si, au lieu d'injecter le plasma pur, on injecte la même quantité de ce même plasma, après l'avoir dilué dans neuf fois son volume de la solution isotonique de Na Cl (8^g pour 1000), il ne se produit presque plus rien; tout au plus observe-t-on un peu de diarrhée et de ténesme rectal, avec légers troubles parétiques dans les fonctions musculaires; mais rapidement, en un quart d'heure ou une demi-heure, ces faibles accidents ont disparu, et l'animal survit sans aucun trouble.

Ce n'est pas la dilution du plasma qui a empêché l'injection déchaînante d'être déchaînante; car, si, au lieu de diluer le plasma dans la solution isotonique de Na Cl, on le dilue dans une solution, également isotonique, de glycose, ou dans une solution de Na Cl à 4^g pour 1000, ou dans de l'eau distillée, on observe encore des accidents anaphylactiques, lesquels sont à peu près aussi intenses que lorsqu'on a injecté du plasma pur, et la mort survient dans la majorité des cas.

De même, si l'on dilue le plasma dans cinq fois (au lieu de neuf fois) son volume de la solution isotonique, il y a encore anaphylaxie déchaînée.

Voici le protocole de ces expériences. (Il s'agit toujours d'une injection déchaînante, constituée par 50^{cm^3} de plasma de cheval, à des animaux préparés par une injection de ce même plasma, faite trois semaines auparavant.)

1° Plasma pur non dilué.

Cinq expériences. Quatre morts et une anaphylaxie grave.

2° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'eau distillée.

Trois expériences. Trois morts.

3° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'une solution de glycose à 10 pour 1000.

Deux expériences. Une mort; une anaphylaxie intense suivie de mort par hémorragie.

4° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'une solution de glycose à 45 pour 1000.

Trois expériences. Deux morts; une survie après accidents graves.

5° Plasma dilué dans son demi-volume d'une solution de NaCl à 200 pour 100.

Deux expériences. Deux survies après accidents graves.

6° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'une solution de NaCl à 4 pour 1000.

Deux expériences. Une mort; une survie après accidents graves.

Ainsi il y a eu constamment, lorsqu'il n'y avait pas de NaCl, ou lorsque le NaCl était en quantité insuffisante, anaphylaxie déchaînée, et, le plus souvent, anaphylaxie mortelle.

Mais les choses sont tout autres si le plasma est dilué dans la solution isotonique de NaCl : sur six expériences il y a eu constamment survie, et les accidents anaphylactiques ont été nuls, ou à peine marqués. Dans trois expériences où la solution de NaCl était à 20 pour 1000, il y a deux fois survie sans accidents et un cas de mort. (Peut-être ne faut-il pas tenir compte de ce cas unique, en contradiction avec les huit autres expériences.)

Au lieu de mélanger le plasma à la solution isotonique, nous avons injecté d'abord la solution isotonique, puis le plasma : cela n'a pas empêché l'anaphylaxie de se déchaîner; soit que l'injection de la solution isotonique ait été faite 48 heures avant l'injection de plasma, soit qu'elle ait été faite immédiatement auparavant. Deux expériences. Deux morts.

Il est probable que le NaCl a été alors inefficace, parce que *très rapidement* il est éliminé par l'urine. Au bout d'une demi-minute après que le NaCl est injecté, il y a déjà une augmentation du NaCl de l'urine. Pourtant, si l'on injecte de grandes quantités de NaCl, alors l'organisme est saturé de sel et l'excès du NaCl persiste quelque temps. A un chien de 9^{kg} nous avons injecté 75^{cm^3} d'une solution contenant 200 pour 1000 de NaCl. Cette injection, faite une demi-heure avant l'injection de plasma, a empêché absolument le plasma (non dilué) de provoquer quelque anaphylaxie. C'est à peine si l'animal a eu un ou deux efforts de vomissement.

Il semble donc que le chlorure de sodium ait une action préservatrice contre l'injection déchaînante. Les doses de $0^g,5$, $0^g,8$, $1^g,6$ de NaCl n'ont pas suffi, tandis que la dose de $3^g,6$ a été efficace, lorsque le sel a été mélangé au plasma. Mais si l'injection de sel est faite avant l'injection de plasma, il faut une beaucoup plus grande quantité de sel, impossible à calculer, car l'élimination du sel injecté est d'une rapidité extrême.

Tout se passe donc comme si le chlorure de sodium imprégnait la cellule nerveuse et l'immunisait contre le poison anaphylactisant.

On doit rattacher ce phénomène aux faits que l'un de nous a démontrés

(en 1900) sur l'hypochloruration. Il a été établi alors que la privation de NaCl rend l'organisme beaucoup plus sensible à l'action toxique (ou, ce qui revient au même, thérapeutique) du KBr. Ensuite, Ed. Lesné et Ch. Richet fils ont très nettement montré que l'addition d'une forte dose de NaCl rend l'organisme beaucoup moins sensible à l'action des poisons (1).

Si de fortes doses de NaCl protègent les cellules nerveuses contre la réaction anaphylactique, c'est probablement parce que les cellules nerveuses, saturées de NaCl, sont devenues moins aptes à fixer sur leur protoplasme d'autres poisons; tout à fait à la manière d'un écheveau de soie (formé, lui aussi, de cellules) qui, lorsqu'il a fixé une matière colorante, ne peut plus en fixer d'autres.

Il est permis d'espérer qu'il y a là toute une méthode nouvelle d'immunisation : c'est presque de l'antianaphylaxie, comparable, quoique non identique, à celle qui suit l'injection de doses très faibles de la substance déchaînante.

En tout cas, il est probable que cette action immunisante de fortes doses de NaCl est générale, et qu'elle n'est spéciale ni au chien, ni à l'injection de plasma de cheval. Elle se rattache étroitement au phénomène de la sensibilisation de la cellule nerveuse au bromure de potassium par la déchloruration. Quand il y a défaut de NaCl, la cellule fixe plus facilement les poisons. Quand il y a excès de NaCl, la cellule les fixe plus difficilement.

Cette méthode de substitution, que nous avions appelée en 1900 *métatrophique*, trouve ici une application intéressante pour protéger l'organisme contre les injections déchainantes de l'anaphylaxie.

---

(1) CHARLES RICHET et ED. TOULOUSE, *La thérapeutique métatrophique : effets d'une alimentation pauvre en chlorures sur le traitement de l'épilepsie par le bromure de potassium* (*Travaux du Laboratoire de Physiologie*, t. 5, 1902, p. 177-183 et 201-212). Le traitement de l'épilepsie par le bromure de potassium en régime alimentaire sans chlorures est devenu classique depuis ce Mémoire. Voir aussi ED. LESNÉ et CH. RICHET fils, *Des effets antitoxiques de l'hyperchloruration* (*Bulletin de la Société de Biologie*, 21 mars 1903, p. 371).

ÉLECTRICITÉ. — *Quelques propriétés du diagramme bipolaire des alternateurs synchrones (moteurs ou récepteurs) sur un réseau à potentiel constant.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Dans une précédente Note [2], j'ai montré que le vecteur auquel j'ai donné le nom de *force électromotrice joubertique* d'un alternateur, porté suivant l'axe polaire, permet d'utiliser le diagramme bipolaire, quelle que soit la loi de saturation; on peut en particulier, sous une excitation fixe, tracer la courbe polaire de la force électromotrice joubertique. Celle-ci permet de déterminer, pour chaque régime, le décalage intérieur d'un alternateur et sa puissance; dans le cas de la loi de Joubert, cette courbe polaire est un cercle; quand la saturation des alternateurs varie, elle est une courbe plus compliquée qu'on peut déterminer par points au moyen du diagramme des réactions intérieures [3].

Dans le cas particulier où l'alternateur admet un coefficient de self-induction directe [4], la courbe se réduit à un limaçon de Pascal [5]. Dans le cas d'une loi de saturation plus complexe, on peut tracer aussi de cette manière la courbe en φ, en déterminant pour chaque point d'un cercle isodyne l'excitation correspondante.

---

(1) Séance du 30 juin 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 545.

(3) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1093.

(4) Comme je l'ai montré récemment (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 323), on peut admettre qu'il y a une self-induction directe constante lorsque la machine travaille sur réseau à potentiel constant et que ce point de régime sur la caractéristique des inducteurs se trouve dans une partie rectiligne de cette caractéristique; cette self-induction constante n'est alors applicable qu'aux variations de courant déphasé dans une certaine limite autour du régime normal correspondant à un point de cette partie rectiligne; autrement dit, on ne doit pas écrire $\omega L_d = \frac{E_d}{I_d}$, en appelant E_d la force électromotrice de réaction de I_d, mais bien $L_d = \frac{E'_d - E_d}{I'_d - I_d}$, en désignant par des lettres accentuées les régimes voisins du régime $E_d I_d$ considéré.

(5) Cette courbe a déjà été signalée par M. A. Léauté (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 936; *Bull. Soc. franç. Elect.*, 3e série, t. 8, 1918, p. 147).

M. Bethenod avait, d'autre part, déjà indiqué que l'impédance équivalente est la somme d'une constante et d'une corde de cercle, et en a déduit une condition d'auto-amorçage (*La Lumière électrique*, 25 décembre 1909).

Courbe polaire représentant la puissance interne en fonction de ζ. — On peut de même établir l'équation de la courbe polaire de la puissance interne P de l'alternateur. Soient q le nombre de ses phases, ν un coefficient convenable tenant compte des pertes par hystérésis de Foucault, que l'on admettra proportionnelles au carré de la force électromotrice résultante dans l'induit [1].

Pour prendre le cas le plus général, on admettra que la chute de tension de l'induit résulte d'une résistance r et d'un coefficient de fuite s, d'où

$$\begin{aligned}(9)\qquad P &= q(U_t I_t + U_d I_d) + qr(I_t^2 + I_d^2)\\ &\quad + \nu[(U_t + rI_t + \omega s I_d)^2 + (U_d + rI_d - \omega s I_t)^2].\end{aligned}$$

Développons, en remplaçant I_t et I_d par leurs expressions (3) et (4), et négligeons comme étant du second ordre les termes en r^2 et en $\omega^2 s^2$ dans ces puissances perdues :

$$\begin{aligned}(10)\qquad P &= q\frac{E_0 U_d}{\omega L_d} + q U_t U_d\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\\ &\quad + q\frac{r}{\omega^2 L_d L_t}\left[E_0^2\frac{L_t}{L_d} + F_0 U_t\left(1 - 2\frac{L_t}{L_d}\right) + U_t^2\left(\frac{L_t}{L_d} - 1\right) + U_d^2\left(\frac{L_d}{L_t} - 1\right)\right]\\ &\quad + \nu\left\{U^2 + 2r\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U_d + U_t U_d\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\right]\right.\\ &\qquad\qquad \left. + 2\omega s\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U_t - \frac{U_t^2}{\omega L_d} - \frac{U_d^2}{\omega L_t}\right]\right\}.\end{aligned}$$

---

(1) Cette loi n'est qu'approximative, car on sait que les pertes par hystérésis sont proportionnelles à la puissance 1,6 de l'induction; mais étant donné que celle-ci varie beaucoup suivant les courants de l'induit et est notamment beaucoup plus forte dans la denture, il est illusoire d'employer cette puissance 1,6, et l'on se rapproche très suffisamment de la vérité en admettant que l'ensemble des pertes est proportionnel au carré du voltage. Dans l'hypothèse la plus défavorable, on admettra comme tension résultante dans l'induit $(\bar{U} + r\bar{I} + \omega s\bar{I})$ (s, coefficient de self-induction de fuites totales de l'induit). Il serait plus rigoureux de décomposer les fuites totales s, et de prendre comme force électromotrice résultante dans l'induit la somme vectorielle $(\bar{U} + r\bar{I} + \omega P f_3 \bar{I})$, où Pf_3 est la self-induction totale de fuite s, diminuée des fuites f_2 entre les dents de l'induit (voir ma Note aux *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1961). Les pertes sont donc ici approchées par excès, mais la différence n'est pas très grande. On peut d'ailleurs, comme je l'ai indiqué plus haut, attribuer complètement les fuites à une dérivation de flux et non à une self-induction, et se contenter de considérer le vecteur $U + rI$; les formules sont alors simplifiées, comme on le verra plus loin.

En tenant compte des définitions (6), cette expression s'écrit également

$$(11)\quad \begin{aligned} P = {} & q\frac{E_0}{\omega L_d}U\sin\zeta + \frac{q}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U^2\sin 2\zeta \\ & + q\frac{r}{\omega^2 L_d L_t}\left[E_0\frac{2L_t}{L_d} + \left(1 - 2\frac{L_t}{L_d}\right)E_0 U\cos\zeta + U^2\left(\frac{L_t}{L_d}\cos^2\zeta + \frac{L_d}{L_t}\sin^2\zeta - 1\right)\right] \\ & + \nu\left\{U^2 + 2r\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U\sin\zeta + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U^2\sin 2\zeta\right]\right. \\ & \left. + 2\omega s\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U\cos\zeta - U^2\left(\frac{\cos^2\zeta}{\omega L_d} + \frac{\sin^2\zeta}{\omega L_t}\right)\right]\right\}. \end{aligned}$$

La représentation de P par une courbe polaire (coordonnées P et ζ) est ainsi très compliquée dans le cas général. Quand on néglige les pertes et quand $L_d = L_t$, la courbe polaire de P se réduit à deux cercles tangents au vecteur U à l'origine et de même diamètre $q\frac{E_0 U}{\omega L_d}$. La différence des deux self-inductances L_d et L_t se traduit par l'adjonction au vecteur précédent d'un second vecteur dont l'extrémité décrit une rosace à quatre branches (fréquence double).

Un cas intéressant est celui pour lequel l'excitation est supprimée ($E_0 = 0$). On sait que la marche d'un moteur synchrone non excité est possible sous charge réduite. L'équation (12), déduite de (11) en faisant $E_0 = 0$, montre le rôle joué par les différences des self-inductances L_t et L_d dans cette marche :

$$(12)\quad \begin{aligned} P = {} & U^2\left(\frac{q}{2} + \nu r\right)\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\sin 2\zeta \\ & + U^2\left[\frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega^2 L_d^2} - \frac{1}{\omega^2 L_t^2}\right) + \omega s\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\right]\cos 2\zeta \\ & + U^2\left[+\nu\frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)^2 - \omega s\left(\frac{1}{\omega L_t} + \frac{1}{\omega L_d}\right)\right]. \end{aligned}$$

La puissance P est donc la somme de trois vecteurs, l'un indépendant de l'angle ζ, les deux autres étant donnés chacun par une rosace à quatre branches; les maxima de ces rosaces sont décalés de $\frac{\pi}{4}$.

La puissance synchronisante $\frac{\partial P}{\partial \zeta}d\zeta$ d'un tel alternateur a pour expression

$$(13)\quad \frac{\partial P}{\partial \zeta}d\zeta = U^2\left[\frac{q}{2} + \nu r + \frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} + \frac{1}{\omega L_d}\right) - \omega s\right]\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\sin 4\zeta\, d\zeta.$$

Elle est positive quand $L_t < L_d$. La marche est donc stable et l'expres-

sion (13) donnerait soit la période des oscillations propres de l'alternateur, soit le dénominateur à attribuer à l'expression de ses oscillations forcées.

Centre des cercles isodynes. — J'ai donné ailleurs, et notamment dans mon Livre *Les moteurs synchrones*, le calcul du centre des cercles de puissances internes constantes. Je tenais compte des pertes par hystérésis de Foucault en majorant d'une façon convenable les pertes par effet Joule. Mais on peut tout aussi bien partir de l'expression (9). Désignons par $x = Z_t I \cos\varphi$ la projection du vecteur $Z_t I$ sur la ligne de phases nulles du diagramme bipolaire, et par $y = Z_t I \sin\varphi$ la projection de $Z_t I$ sur une droite perpendiculaire [1].

La puissance interne s'écrit alors

$$(14)\quad \begin{aligned} P &= qUI\cos\varphi + qrI^2 + \nu[U^2 + 2rUI\cos\varphi + 2\omega s UI \sin\varphi + (r^2+\omega^2 s^2)I^2 \\ &= qU\frac{x}{Z_t} + qr\left(\frac{x^2}{Z_t^2} + \frac{y^2}{Z_t^2}\right) \\ &\qquad + \nu\left[U^2 + 2rU\frac{x}{Z_t} + 2\omega s U \frac{y}{Z_t} + (r^2+\omega^2 s^2)\left(\frac{x^2}{Z_t^2} + \frac{y^2}{Z_t^2}\right)\right], \end{aligned}$$

d'où l'équation des isodynes

$$(15)\quad \begin{aligned} x^2 + y^2 + \frac{(q+2\nu r)Z_t U}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}x + \frac{2\omega s \nu Z_t U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}y \\ = (P - \nu U^2)\frac{Z_t^2}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)} = \text{const.} \end{aligned}$$

C'est encore l'équation d'un cercle dont les coordonnées du centre sont

$$(14)\quad \left\{ \begin{aligned} x &= -\frac{r(q+2\nu r)}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}\,\frac{U}{2\cos\gamma_t}, \\ y &= -\frac{2\omega s \nu r}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}\,\frac{U}{2\cos\gamma_t}. \end{aligned} \right.$$

Ce centre est donc légèrement déplacé par rapport à sa position que j'avais indiquée autrefois pour le cas de $\nu = 0$. Il n'est plus sur la ligne de phases nulles (axe $y = 0$) et son abscisse est légèrement modifiée sous l'effet des termes en ν et en s.

---

[1] Le lecteur est prié de se reporter à mes travaux antérieurs, et particulièrement à ma Note : *Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant en générateurs ou en récepteurs sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 454).

L'équation (13) peut aussi s'écrire

$$(15)\qquad \begin{aligned}&\left[x + \frac{1}{2}\,\frac{(q+2\nu r)Z_t U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2 + \left[y + \frac{\omega s \nu Z_t}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2\\
&= (P - \nu U^2)\frac{Z_t^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\\
&\quad + \frac{1}{4}\left[\frac{(q+2\nu r)Z_t U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2 + \left[\frac{\omega s \nu Z_t U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2\\
&= p\,\frac{Z_t^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)} + \frac{q^2 Z_t^2 U^2}{4[qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)]^2}.\end{aligned}$$

Dans le cas d'un moteur synchrone U est en avance sur E_0 et non plus en retard, I et cosI changent de signe; P est à changer en $-$ P; et la puissance maxima $-\Pi$ que l'on pourrait recueillir au moteur correspondra au centre N lui-même; elle sera

$$(16)\qquad -\Pi = \frac{U^2}{4}\,\frac{q^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}.$$

Le rayon ρ du cercle peut donc s'écrire, en simplifiant l'écriture,

$$(17)\qquad \rho = \frac{U}{2\cos\gamma_t}\,\frac{1}{1+\dfrac{\nu Z_t'^2}{qr}}\sqrt{1-\frac{P}{\Pi}},$$

formule qui ne diffère que par le facteur $\dfrac{1}{1+\dfrac{\nu Z_t^2}{qr}}$ de celle que j'ai donnée autrefois ([1]) dans le cas de la loi de Joubert.

Ce facteur se réduit à $\dfrac{1}{1+\dfrac{\nu r}{q}}$ quand on ne tient pas compte des fuites f_3 et à l'unité quand on néglige les pertes dans le fer ($\nu = 0$) qui se réduit à la relation connue $\dfrac{q}{4}\,\dfrac{U^2}{r}$ quand on ne tient compte que des pertes par effet Joule dans l'induit. Elle est diminuée par l'effet des coefficients ν et s.

Le tracé d'une famille de ces isodynes d'une part, et d'autre part d'une famille de limaçons correspondant à une succession de valeurs croissantes de E_0 (c'est-à-dire pratiquement du courant d'excitation), permet de construire aisément les courbes en ν de l'alternateur.

([1]) *Moteurs synchrones* (*Encyclopédie Léauté*), p. 82.

CHIMIE. — *Sur la préparation du phosgène au moyen du tétrachlorure de carbone et de l'oleum ou de l'acide sulfurique ordinaire.* Note de MM. V. **Grignard** et **Ed. Urbain**.

I. Lorsque s'est posée la question qui a provoqué les recherches rapportées dans cette Note, la fabrication industrielle du phosgène, par combinaison catalytique de CO et Cl^2, était pratiquement inconnue en France. Pour parer aux besoins les plus urgents, il fallait recourir à la réaction classique de Schutzenberger :

$$(1) \qquad 2SO^3 + CCl^4 = COCl^2 + S^2O^5Cl^2$$

qu'on pouvait réaliser, soit en distillant préalablement SO^3 de l'oleum dans du $S^2O^5Cl^2$ résiduel, soit en opérant directement sur l'oleum lui-même.

Mais, dans ce dernier cas, la réaction se modifie, car l'acide sulfurique (ou pyrosulfurique) intervient dans la réaction et l'on obtient, comme résidu, de la chlorhydrine sulfurique, vraisemblablement d'après la réaction suivante dont nous n'avons pas trouvé mention dans la littérature :

$$(2) \qquad SO^3 + SO^4H^2 + CCl^4 = COCl^2 + 2SO^3HCl.$$

H. Erdmann (*Ber.*, 1893, p. 1993) a bien signalé, comme un perfectionnement à la méthode de Schutzenberger, l'emploi de l'oleum à 80 pour 100 et il a remarqué la production de SO^3HCl à côté de $S^2O^5Cl^2$, mais il ne paraît pas en avoir soupçonné la cause.

Nous avons vérifié la réaction (2) par deux expériences :

1° Sur de l'oleum à 60 pour 100, chauffé vers 78°, on a fait tomber goutte à goutte du CCl^4 jusqu'à l'arrêt de la réaction. Pour 75g d'oleum, il a fallu 68g de CCl^4 et nous avons recueilli 41g de $COCl^2$ [1]. Le calcul se présente de la manière suivante :

$S^2O^7H^2$,	54g,5,	consomment CCl^4,	47g,2,	et donnent $COCl^2$,	30g,3
SO^3,	20g,5	»	19g,7	»	12g,7
Oleum 60 pour 100,	75g,9		66g,9		43g,0

Notre rendement par rapport à la théorie est de 95,3 pour 100 et par rapport au CCl^4 employé, dont l'excès serait réduit dans une opération en grand, il atteint encore 93,8 pour 100. Le résidu est un mélange de SO^4HCl et $S^2O^5Cl^2$.

2° Nous avons transformé l'oleum à 60 pour 100 en $S^2O^7H^2$ ou plutôt en oleum

(1) Le phosgène préparé au cours de ces recherches était recueilli tantôt dans CCl^4 et dosé par hydrolyse, tantôt dans l'alcool et dosé par détermination du CO^2.

à 45 pour 100 (théorie 44,94). Dans 100g de cet acide contenant la même quantité de SO^3 que l'opération précédente, nous avons pu introduire 87g de CCl^4 et obtenu 51g,5 de $COCl^2$. La théorie exigerait 87g de CCl^4 et 55g,6 de $COCl^2$; le rendement a atteint ainsi 92,6 pour 100. Le résidu est SO^3HCl presque pur.

Ces résultats vérifient très convenablement l'équation (2) et l'on peut dire, par conséquent, qu'une molécule de SO^3 donnera, suivant les conditions :

Employé à l'état d'anhydride seul.........		49g,5 de $COCl^2$
»	d'oleum à 60 pour 100....	76g,4 »
»	d'oleum à 45 pour 100....	99g,0 »

Ainsi, en utilisant SO^3 sous forme d'acide pyrosulfurique (oleum à 45 pour 100), on en économisera exactement la moitié. Il s'y joint, en outre, l'avantage très appréciable que le résidu est SO^3HCl à peu près pure, plus directement utilisable par l'industrie que $S^2O^5Cl^2$.

Dans l'industrie, on fait généralement tomber l'oleum dans le CCl^4; le fait que l'acide pyrosulfurique n'est liquide qu'au-dessus de 35° ne complique pas sensiblement l'opération. Quant aux oleums titrant moins de 45 pour 100, ils se comporteront comme une solution d'acide pyrosulfurique dans SO^4H^2.

II. Le dédoublement de SO^3HCl, dès 70°, en SO^2Cl^2 et SO^4H^2 sous l'influence de certains catalyseurs, a été signalé par Ruff (*Ber.*, 1901, p. 3509). Nous nous sommes demandé si d'autres catalyseurs ne pourraient réaliser le dédoublement en $SO^3 + HCl$, permettant ainsi à SO^3 de réagir encore sur CCl^4, suivant l'équation de Schutzenberger; nous aurions alors :

$$(3) \qquad 2SO^3HCl + CCl^4 = COCl^2 + 2HCl + S^2O^5Cl^2.$$

Cette réaction est déjà possible, en effet, sans catalyseur, mais elle est très lente; nous avons pu la réaliser dans d'excellentes conditions au moyen d'un catalyseur convenable.

Nous nous sommes alors aperçu que SO^3 n'était pas nécessaire et que l'on pouvait produire la même transformation avec l'acide sulfurique seul. La réaction devient ainsi :

$$(4) \qquad 2SO^4H^2 + 3CCl^4 = 3COCl^2 + 4HCl + S^2O^5Cl^2.$$

De tous les catalyseurs essayés [1], celui qui nous a paru le plus avan-

[1] Nous aurons à revenir sur quelques particularités observées au cours de cette étude.

tageux, tant par son activité que par son bas prix, est la terre d'infusoires.

Dans les conditions précédentes, cependant, la réaction part encore difficilement; il faut chauffer SO^4H^2 à 150°-168° en présence du catalyseur et y faire tomber, goutte à goutte, le CCl^4. Ceci tient à ce que les deux corps ne sont pas miscibles. Mais il se fait SO^3HCl et $S^2O^5Cl^2$, tous deux miscibles à SO^4H^2; le premier dissout notablement CCl^4, le second lui est miscible en toute proportion. Le contact s'améliore donc rapidement, la température de réaction s'abaisse vers 100° et remonte, seulement vers la fin, jusqu'à 140°, température d'ébullition du $S^2O^5Cl^2$.

Ces constatations nous ont conduits au mode opératoire suivant :

L'acide sulfurique réel (obtenu par addition convenable à l'acide ordinaire, d'oleum, SO^3HCl ou $S^2O^5Cl^2$) est placé dans un ballon en verre ou dans une chaudière en tôle émaillée et additionné d'à peu près son poids de $S^2O^5Cl^2$ et de 2 pour 100 de terre d'infusoires bien sèche; puis on y ajoute en bloc la quantité correspondante de CCl^4 qui s'y dissout. On chauffe à légère ébullition, soit vers 80°. La réaction se déclare immédiatement et se poursuit pendant longtemps entre 80° et 90°; il faut ensuite relever progressivement la température pour atteindre finalement 135° à 140°, comme précédemment.

Si l'on cesse de chauffer, la réaction s'arrête complètement et peut être reprise plus ou moins longtemps après.

Il est vraisemblable que dans ces conditions la réaction se fait en deux phases distinctes représentées par les deux équations suivantes :

$$SO^4H^2 + CCl^4 = COCl^2 + HCl + SO^3HCl,$$
$$2SO^3HCl + CCl^4 = COCl^2 + 2HCl + S^2O^5Cl^2.$$

Si l'on emploie du CCl^4 bien pur et si l'on tient compte de la petite quantité entraînée par les gaz, et récupérable en grande partie, les rendements oscillent ordinairement entre 93 et 96 pour 100.

Si le CCl^4 contient du CS^2 comme cela arrive assez fréquemment, il se dégage différents gaz anormaux, CO^2, SO^2 et peut-être COS.

Si l'on a soin d'ajouter un petit excès de CCl^4 pour tenir compte de l'entraînement et si l'on pousse bien la réaction jusqu'à la fin, le résidu est du $S^2O^5Cl^2$ sensiblement pur; autrement il est plus ou moins mélangé de SO^3HCl.

Il importe, en outre, de noter que l'on trouve toujours dans les résidus une petite quantité de SO^2Cl^2 qui peut provenir d'un dédoublement de la chlorhydrine sous l'influence de la chaleur et de certains catalyseurs accidentels, conformément aux observations de Ruff, à moins qu'il ne résulte

d'une catalyse extrême dans le sens primitif :

$$SO^3HCl + CCl^4 = COCl^2 + HCl + SO^2Cl^2$$

ou

$$S^2O^5Cl^2 + CCl^4 = COCl^2 + 2SO^2Cl^2.$$

Cette transformation réaliserait, sans doute, l'utilisation maxima de l'acide sulfurique et il existe peut-être un catalyseur capable de la produire régulièrement.

Pour l'application industrielle de la méthode, on se heurte à une sérieuse difficulté, due à ce que le $COCl^2$ est mélangé à $\frac{4}{3}$ vol. d'acide chlorhydrique.

En dépit de l'indication classique que le phosgène est peu soluble dans l'eau (2^{vol} à 3^{vol}) et ne s'hydrolyse que très lentement à froid, nous n'avons pu réaliser la séparation de ce gaz par lavage méthodique dans de petites quantités d'eau refroidie, sans éprouver des pertes de l'ordre de 30 pour 100.

Mais nous avons réussi à monter un dispositif d'extraction du phosgène par le CCl^4 qui ne dissout que 2 pour 100 de HCl. La dissolution peut s'effectuer à la température de l'eau courante dans une colonne d'empilages, puis le liquide passe dans un récipient où l'on sépare, par ébullition, le phosgène souillé seulement de quelques centièmes de HCl; enfin le solvant refroidi est remonté mécaniquement au sommet de la colonne. Nous avons pu ainsi dans un appareil de laboratoire, sans précautions spéciales, séparer un peu plus des $\frac{9}{10}$ du phosgène formé et il ne retenait au maximum que 10 pour 100 de HCl, ce qui n'a aucun inconvénient pour la plupart des applications

En résumé, la préparation du phosgène par l'oleum et le CCl^4 doit être faite avec l'oleum à 45 pour 100 qui fournit le rendement maximum et ne laisse, comme résidu, que de la chlorhydrine. Mais, quand la présence d'un peu de HCl avec $COCl^2$ ne gêne pas, on peut avantageusement employer l'acide sulfurique ordinaire en catalysant la réaction avec de la terre d'infusoires.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *G. Charpy*, élu Membre de la Division des Applications de la Science à l'Industrie.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 41,

M. Emanuele Paternò	obtient......	39 suffrages
M. Amé Pictet	»	1 suffrage
M. Albert Recoura	»	1 »

M. EMANUELE PATERNÒ, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL annonce le décès survenu le 3 novembre 1918, à Pétrograd, de M. *Liapounoff*, Correspondant pour la Section de Géométrie.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

INSTITUT SCIENTIFIQUE DE L'INDO-CHINE. *Catalogue des plantes du Jardin botanique de Saïgon*, par M. AUG. CHEVALIER. (Présenté par M. H. Lecomte.)

MÉCANIQUE. — *Sur la cause de l'adhérence du béton au fer dans les constructions en béton armé.* Note de M. VASILESCO KARPEN, présentée par M. Lippmann.

L'adhérence du fer au béton constitue le facteur essentiel de la résistance du béton armé. Néanmoins la cause de cette adhérence, ainsi que les conséquences qui en découlent, semblent méconnues.

On attribue l'adhérence à une sorte de collage du fer au ciment, analogue à celui du mortier sur les briques. Pourtant, l'expérience ne confirme pas cette hypothèse; si l'on coule du béton de ciment sur une plaque de fer, l'adhérence est loin d'avoir la valeur qu'elle a dans le béton armé, de plus elle dépend essentiellement de l'état de la surface du fer; en particulier, si cette surface est lisse et huilée, l'adhérence est nulle. L'expérience faite avec des barres *emprisonnées* dans du béton montre, au contraire, que l'adhérence subsiste même si les barres sont peintes ou huilées; évidemment, dans ce cas, il ne saurait plus être question de collage du fer au béton.

A quel phénomène alors la solidarité entre le fer et le béton est-elle due?

La présente Communication a pour but de montrer *que cette solidarité est due à la friction* du fer contre le béton.

On sait que, pendant la prise, le béton se contracte; la barre de fer qui s'y trouve emprisonnée est donc serrée par le béton contracté et, si l'on essaye de la retirer, elle y sera retenue par la friction.

Pour calculer l'adhérence-friction A et voir si les valeurs trouvées par le calcul correspondent aux valeurs données par l'expérience, considérons une barre de fer de rayon r_1 emprisonnée dans un bloc cylindrique coaxial de rayon r_2.

Du fait de la contraction du béton pendant la prise, le rayon r_1 tend à se raccourcir; mais la barre de fer empêche, par sa rigidité, le raccourcissement de se produire en son entier, en déterminant à la surface de séparation fer-béton, ainsi qu'à la surface de tout cylindre coaxial de rayon r, une pression normale p et une tension tangentielle t.

Soient : p_1, t_1 et p_1, t'_1 les valeurs de p et t dans le béton et dans le fer, à la surface de séparation fer-béton ($r = r_1$); E, E′, σ, σ' les coefficients d'élasticité et les rapports de Poisson, pour le béton et pour le fer; c le coefficient de contraction (retrait) du béton pendant la prise.

Sous l'influence du retrait, de la tension t et de la pression p, la couche cylindrique de rayon r et d'épaisseur infiniment petite se raccourcit et le rayon diminue :

Dans le béton, de

$$\Delta r = c\tau - \frac{t + \sigma p}{E} r;$$

Dans le fer, de

$$\Delta' r = - \frac{t' + \sigma' p}{E'} r;$$

A la surface de séparation fer-béton, de

$$\Delta r_1 = \Delta' r_1.$$

Donc

$$c - \frac{t_1 + \sigma p_1}{E} = - \frac{t'_1 + \sigma' p_1}{E'}. \qquad (1)$$

Les valeurs de t_1 et t'_1 en fonction de p_1 se trouvent, par un calcul analogue au calcul de la résistance des enveloppes cylindriques épaisses, soumises à des pressions intérieures ou extérieures; on trouve ainsi :

$$t_1 = p_1 \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}, \qquad t'_1 = -p_1.$$

Substituant ces valeurs dans (1) il vient

$$p_1 = \frac{cE}{\sigma + \dfrac{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 + 1}{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} + \dfrac{1 - \sigma'}{F'} F}.$$

Si f est le coefficient de friction du fer contre le béton, on a

$$A = f p_1.$$

Les coefficients c, E, σ sont mal connus, ils varient suivant la qualité du béton. Le coefficient f dépend de l'état des surfaces en contact; dans le cas présent, étant données les valeurs élevées de p_1, l'arrachement de la barre de fer produira généralement le grippage du fer contre le béton.

Si l'on prend

$f = 0,7$, $c = 0,0003$, $E = 300\,000$, $F' = 2\,000\,000$, $\sigma = 0,4$, $\sigma' = 0,3$,

on obtient le Tableau suivant :

$\frac{r_2}{r_1}$.............	1,2	1,5	2	4	8	∞
A (en kg : cm²)..	10	20	29	39	41	42

Ces chiffres sont voisins de ceux donnés par l'expérience; l'expérience montre de plus que l'adhérence, comme la contraction du béton, augmente avec le temps.

La friction produite par la contraction du béton autour du fer (contraction dont l'existence ne saurait être mise en doute) suffit donc pour expliquer la solidarité du fer au béton; si l'on y avait pensé tout d'abord, il est probable qu'on se serait désintéressé de l'adhérence-collage.

Il est certain que le fer peut aussi être collé au ciment, mais ce collage, d'ailleurs de valeur faible et incertaine, ne saurait lui-même subsister en dehors de la contraction du béton, ou si le béton se dilatait quelque peu que cela soit.

Dans les constructions en béton armé démolies, on constate (et c'est cette constatation qui m'a mis sur la voie de cette étude), que le béton n'adhère plus au fer aussitôt que celui-ci n'est pas entouré de toutes parts par le béton; les barres de fer sont parfaitement propres, aucune parcelle de béton n'y adhère.

On sait que, généralement, dans le calcul des constructions en béton armé, on ne compte pas sur la résistance à la traction du béton, résistance considérée comme trop incertaine. La présente théorie montre au contraire que *c'est précisément grâce à la résistance du béton à la traction* (t) que celui-ci se presse contre le fer et produit ainsi l'indispensable solidarité entre les deux matériaux.

Cette théorie détermine l'épaisseur minimum du béton devant entourer le fer par la considération de la tension t, dont la valeur ne devra pas dépasser le maximum admissible.

Cette théorie montre l'importance capitale qu'il faut attribuer à la connaissance et à la valeur du coefficient de contraction du béton c.

MÉCANIQUE. — *Sur un accélérographe.* Note (¹) de MM. **Auclair** et **Boyer-Guillon**, présentée par M. G. Kœnigs.

Cette Note est destinée à faire connaître une méthode expérimentale permettant d'étudier avec une grande précision un mouvement périodique, pour l'observation duquel on ne dispose pas de repères fixes, par exemple le mouvement vibratoire du pont d'un navire.

Elle a pour base la détermination directe de l'accélération au moyen d'un appareil que nous avons déjà décrit, comme accéléromètre à maxima, dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* de juillet 1913.

Le modèle représenté par la figure 1 est celui qui a été construit à l'ate-

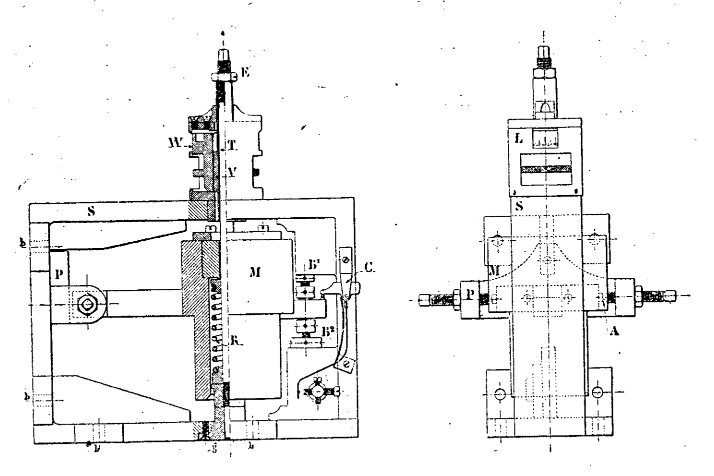


Fig. 1.

lier du Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences. Grâce à l'action d'un ressort R de tension variable et réglable à volonté, la masse d'inertie oscillante M prend appui sur la butée B_1 ou sur la butée B_2 selon que l'accélération est inférieure ou supérieure à un certain taux.

Le déplacement insensible de la masse M au changement de portage actionne, par l'intermédiaire de l'amplificateur C, un signal dont le style trace sur un cylindre animé, par rapport à lui, d'un mouvement relatif hélicoïdal uniforme, une ligne qui présente des décrochements vers le bas correspondant aux périodes d'appui sur B_2. On obtient ainsi le diagramme

(¹) Séance du 23 juin 1919.

ci-joint (reproduit sans retouches) où sont enregistrées, en même temps que la ligne à décrochements, les vibrations d'un diapason, qui donne le temps (*fig.* 2).

Au moment où la masse d'inertie ne prend aucun appui sur les butées

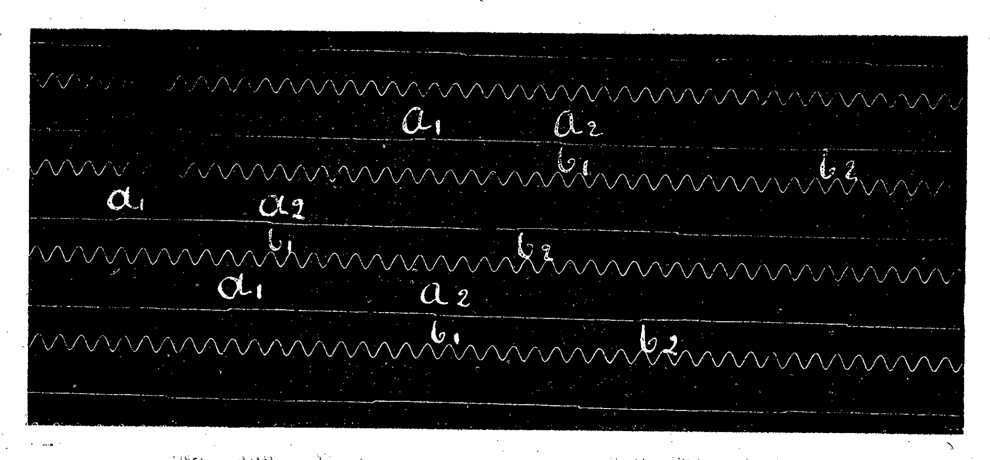


Fig. 2.

qui limitent son déplacement, elle est en équilibre relatif sous l'action de trois forces qui sont l'action du ressort R, le poids P et la force d'inertie MJ, où J est justement l'accélération dans le mouvement du support que nous supposons, pour simplifier l'exposition, assimilable à une translation : l'équilibre se traduit par l'équation des moments

$$\mathfrak{M}R + \mathfrak{M}P + \mathfrak{M}(MJ) = 0.$$

Cette équation devrait être complétée par un quatrième terme si la masse d'inertie était en appui sur l'une des butées, mais elle serait, alors, inutile, car on ne connaîtrait pas la valeur de ce terme.

Supposons que l'on donne au ressort une série de tensions régulièrement croissantes et associons la série de diagrammes ainsi obtenus : 1° en les échelonnant suivant l'axe des ordonnées d'après les valeurs de l'accélération correspondant aux tensions du ressort; 2° en les repérant les uns par rapport aux autres de manière que les points correspondant à une même valeur du temps soient sur une même ordonnée. Ce repérage des diagrammes s'obtient aisément en enregistrant parallèlement sur le même papier un phénomène qui demeure identique à lui-même pendant toute la durée de l'expérience, par exemple les vibrations d'un diapason, ou

mieux, le mouvement d'une masse d'inertie auxiliaire dont le ressort garde une tension constante.

L'aspect du diagramme que l'on construit ainsi est donné par la figure 3.

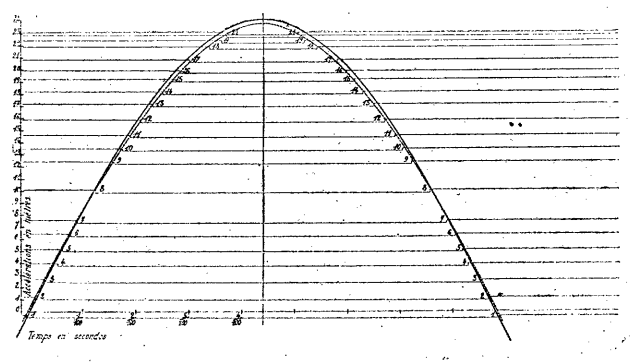


Fig. 3.

Il est clair qu'en réunissant par un trait continu les points de décrochement des lignes horizontales on obtient la courbe figurative des valeurs successives de l'accélération.

Cette courbe est tracée en pointillé sur la figure. Elle donne la loi des accélérations dans le mouvement d'une poutre métallique maintenue en état de vibration continue. La courbe en trait plein donne, pour le même mouvement, la loi des accélérations telle qu'il a été possible de la déduire de l'observation directe du mouvement par rapport à des repères fixes, observation que nous avons rendue possible dans les essais de contrôle que nous avons faits. On voit que ces écarts sont très faibles, de l'ordre de 2 pour 100 à peine des accélérations observées.

ASTRONOMIE. — *Sur les observations de l'éclipse annulaire du 3 décembre 1918, faites à Buenos-Ayres (République Argentine).* Note de M. **J. Ubach**, présentée par M. Bigourdan.

A l'occasion de cette éclipse, et comme délégué de l'Observatoire de l'Èbre (Espagne), j'ai repris un problème trop oublié, dont on peut tirer beaucoup de profit pour la correction des éléments lunaires. Il s'agit de mesurer avec le plus grand soin la corde commune au Soleil et à la Lune à des instants déterminés et, en comparant les lieux de la Lune donnés par ces mesures avec ceux tirés des Éphémérides pour les mêmes instants,

conclure la correction à faire subir aux ascension droite, déclinaison et demi-diamètre lunaires.

La méthode que j'ai suivie est, au fond, la même que celle indiquée par Chauvenet dans sa *Spherical and practical Astronomy*, vol. 2. Elle comprend trois parties :

1° Mesurer la longueur de la corde avec une grande précision;

2° Déterminer très exactement l'instant correspondant à chaque longueur;

3° Comparer les longueurs mesurées avec celles données par le calcul, basé sur les lieux tirés des Éphémérides.

1. *Mesure des cordes.* — J'ai adopté un procédé photographique. J'avais à ma disposition, au Séminaire de Villa Devoto (un des faubourgs de Buenos-Ayres), un magnifique équatorial Zeiss muni de tous les accessoires pour l'héliographie : objectif de 130^{mm}, distance focale $2^{m},35$. L'image du Soleil est amplifiée dans l'instrument jusqu'à 160^{mm} de diamètre.

Pendant l'éclipse, le ciel était très nuageux, même entièrement couvert pendant de longues durées. Cependant mon aide, très actif et très intelligent, le P. Joseph Th. Alarcón, obtint, à des intervalles divers, 44 photographies, sur des plaques $18^{cm} \times 24^{cm}$; je lisais le temps sur un chronomètre.

Les cordes furent trois fois, à des époques diverses, très scrupuleusement mesurées au dixième de millimètre.

On écarta les photographies trop faibles et celles où l'on ne distinguait pas nettement les deux extrémités de la corde. En écartant aussi les photographies de la phase annulaire, on obtint 29 mesures assez précises. Les longueurs mesurées furent corrigées de l'effet de la réfraction.

2. *Détermination du temps.* — On disposait d'un chronomètre de la marine, appartenant au Service météorologique du Ministère de l'Agriculture. On eut soin de le protéger contre les variations de la température. Sa marche était très satisfaisante. Son état avait été contrôlé tous les jours vers 5^{h} après-midi, du 25 novembre au 4 décembre, par un double échange de signaux téléphoniques avec le Service horaire du Bureau géodésique de l'État-Major, avec lequel le Département de notre équatorial était directement relié. L'heure sidérale, donnée par le Service géodésique, était dûment réduite à la station Séminaire Villa Devoto, dont les coordonnées géographiques avaient été tirées de celles de la Douane, publiées par la *Connaissance des Temps*. Le 3 décembre on ajouta un double échange immédiatement avant et après l'éclipse.

En outre, l'heure était chaque nuit reçue de la station L. I. A. (située au port de Buenos-Ayres) par radiographie vers $9^{h}30$ à l'aide d'une antenne et d'un récepteur Marconi installés *ad hoc* par le Service radiographique de la Marine.

3. *Comparaison de l'observation avec le calcul.* — Pour la comparaison, je

me servis de la formule ci-après, dont la déduction est assez facile en suivant un procédé analogue à celui indiqué par Chauvenet (*op. cit.*) :

$$dc = \frac{2\Delta'}{D\,\tang\mu}\,\frac{\cos\mu'}{D}\cos\frac{1}{2}(\delta+\delta')(\alpha-\alpha')\,d\alpha' + \frac{2\Delta'}{D\,\tang\mu}\,\frac{\cos\mu'}{D}(\delta-\delta')\,d\delta' + \frac{2\Delta'}{D\,\tang\mu}\,d\Delta',$$

que l'on peut écrire

(1) $$dc = ABC(\alpha-\alpha')\,d\alpha' + AB(\delta-\delta')\,d\delta' + A\,d\Delta',$$

où α, δ sont les coordonnées équatoriales apparentes du Soleil; α', δ' celles de la Lune; Δ' son demi-diamètre; D la distance des centres Soleil-Lune; μ, μ' l'angle au centre du Soleil ou de la Lune formé par les rayons aboutissant aux extrémités de la corde commune c; dc la différence observation *moins* calcul de la longueur de la corde; $d\alpha'$, $d\delta'$, $d\Delta'$ les corrections cherchées.

En réunissant convenablement les photographies, dont les cordes mesurées donneraient des équations à coefficients à peu près proportionnels, on établit, avec les vingt-neuf mesures, huit équations de la forme (1), qui furent traitées par la méthode des moindres carrés.

On obtint les corrections suivantes pour les coordonnées de la Lune, données par les Ephémérides de la *Connaissance des Temps* pour le 3 décembre 1918 :

$$d\alpha' = +0^s,64, \qquad d\delta' = +0'',6, \qquad d\Delta' = +0'',1.$$

La correction $d\alpha' = 0^s,64$ de l'Æ des Ephémérides, qui est de $0^s,77$ pour l'Æ vraie adoptée pour le calcul de l'éclipse, ou $0^s,75$ pour l'Æ apparente, donnerait, pour l'heure des contacts une avance de 20^s. Or, malgré les nuages, le deuxième contact put être bien observé à l'Institut géographique militaire par 7 observateurs, dont 5 munis de théodolites, 1 d'un petit équatorial, 1 d'un verre obscur. Leurs observations, affectées de leurs poids par M. le directeur de la Section géodésique du même Institut, donnèrent exactement l'avance de 20^s. Le troisième contact, à cause du mauvais état du ciel, ne fut observé que par un seul : on eut une avance de 30^s. Au collège de l'Immaculée, à Santa Fe, le P. Sallaberry observa le dernier contact avec un télescope par projection et avec une avance de 37^s. A Montévidéo, MM. Llambías de Olivar et Barbato attribuent aux trois premiers contacts une avance de 8^s à 13^s.

La correction $d\delta' = +0'',6$ est en plein accord avec le petit écart observé de la limite de la zone de phase annulaire vers le Nord. Car, d'après des

cartes et des calculs entrepris par un procédé spécial, que je publiai d'avance dans ma brochure *El eclipse anular del 3 de diciembre de* 1918, la limite devait passer par la section sud du village San Isidro. Or les informations recueillies après l'éclipse manifestent un écart de la ligne de 1^{km} environ vers le Nord.

Finalement, la correction $d\Delta' = +0'',1$ du demi-diamètre d'Oudemans adopté pour le calcul n'a rien d'extraordinaire, si ce n'est la petitesse même de sa valeur, plus faible peut-être qu'on ne pouvait l'attendre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'hyposulfite de sodium sur les hypochlorites.* Note de MM. F. **Diénert** et F. **Wandenbulcke**, présentée par M. Ad. Carnot.

Ayant été obligés de calculer exactement la quantité d'hyposulfite de sodium nécessaire pour détruire le chlore libre d'une eau potable javellisée, nons nous sommes demandé à laquelle des deux formules suivantes nous devions nous adresser :

$$(1)\qquad 8Cl + Na^2S^2O^3 + 5H^2O = 2NaHSO^4 + 8HCl,$$

$$(2)\qquad 2Cl + 2Na^2S^2O^3 = Na^2S^4O^6 + 2NaCl.$$

Würtz (t. 2, 2e Partie, p. 1620) indique la réaction (1), Fordos et Gélis, Lunge, admettent que, vraisemblablement, le chlore agit sur l'hyposulfite comme le permanganate, c'est-à-dire fournit un mélange de sulfate et de tétrathionate.

L'expérience montre qu'en versant goutte à goutte une solution d'hyposulfite de sodium $\frac{N}{10}$ dans une solution diluée d'hypochlorite et en suivant la réaction au moyen de papier ioduré amidonné, on trouve qu'il faut $2^{mg},25$ d'hyposulfite cristallisé pour détruire 1^{mg} de chlore libre.

En se basant sur la réaction (1), il n'aurait fallu que $0^{mg},873$ d'hyposulfite pour détruire 1^{mg} de chlore, et, avec la réaction (2), 7^{mg} environ.

L'expérience montre donc que, dans ce cas, il se produit les deux réactions (1) et (2) comme l'indiquent Fordos et Gelis.

Les résultats de nos essais démontrent que les réactions (1) et (2) s'accomplissent simultanément et que la réaction finale est la suivante :

$$(3)\qquad 3Na^2S^2O^3 + 10Cl + 5H^2O = Na^2SO^4 + 8HCl + H^2SO^4 + Na^2S^4O^6 + 2NaCl.$$

En effet, suivant cette formule de réaction, on trouve qu'il faut 2^{mg} d'hyposulfite pour détruire 1^{mg} de chlore libre, chiffre conforme à celui trouvé expérimentalement.

On peut mettre facilement en évidence la formation de sulfate et de

tétrathionate dans l'action de l'hyposulfite sur l'hypochlorite. En versant dans ce mélange du chlorure de baryum il se précipite du sulfate de baryum, et l'on filtre. Le liquide filtré, additionné de nitrate d'argent, donne un précipité de chlorure et de tétrathionate d'argent. Ce dernier se décompose et brunit. Par l'action de l'ammoniaque on dissout $AgCl$ et il reste un précipité de sulfure d'argent provenant de la décomposition du tétrathionate d'argent.

La formule de réaction (3) peut être remplacée par la suivante, plus conforme à la réalité :

$$(4)\quad 5NaOCl + 3Na^2S^2O^3 + 5H^2O = 5NaCl + 2Na^2SO^4 + 5H^2O + Na^2S^4O^6,$$

indiquant une réaction neutre. Et, en effet, en titrant à l'héliantine l'alcalinité de la solution d'hypochlorite (après destruction du chlore par H^2O^2) et du mélange d'hypochlorite et d'hyposulfite de sodium, également après destruction du chlore, on trouve deux chiffres identiques.

Mais la réaction (4) ne se produit plus si l'on modifie l'alcalinité de l'hypochlorite. Par exemple, ajoutons préalablement une quantité d'acide sulfurique nécessaire pour neutraliser l'alcalinité de la solution d'hypochlorite, puis traitons ce mélange par l'hyposulfite. On constate alors qu'il ne faut plus qu'une quantité d'hyposulfite répondant à la formule de réaction (1), soit $0^{mg},879$ pour détruire 1^{mg} de chlore. Par conséquent, dans ce cas, il ne se forme plus que du sulfate sans trace de tétrathionate, comme nous nous en sommes assuré.

Avec des doses d'acide sulfurique moindres encore, on obtient toujours la réaction (1). En remplaçant l'acide sulfurique par une solution de bicarbonate de chaux ou de bicarbonate de soude, ou par du gaz carbonique, on trouve encore qu'il faut $0^{mg},90$ d'hyposulfite de soude cristallisé pour détruire 1^{mg} de chlore libre.

Un acide faible, comme CO^2, suffit pour modifier la réaction de l'hyposulfite de sodium sur l'hypochlorite. La réaction qui se produit en faisant agir une solution d'hyposulfite sur l'hypochlorite dépend donc de la réaction du milieu.

En résumé, en pratique, quand on javellise une eau, celle-ci contient des traces de gaz CO^2 et c'est la réaction (3) qu'il faut employer pour calculer la quantité d'hyposulfite nécessaire pour détruire le chlore libre; mais si l'eau renfermait du gaz carbonique libre, nos résultats montrent qu'il serait utile de procéder à un essai direct au laboratoire, afin d'éviter un excès d'hyposulfite de sodium qui a une action sur l'intestin du consommateur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie dans le tétrabromure d'acétylène.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

J'ai eu l'occasion de signaler que le tétrabromure d'acétylène donné par Bourgoin comme ne se congelant pas à — 20°, fond en réalité vers 0°, à + 0°,13. Le rapprochement de ces deux faits conduit à penser qu'une petite quantité d'impureté suffit pour abaisser notablement le point de solidification de ce liquide, autrement dit qu'il possède une constante cryoscopique élevée. Cette supposition s'est trouvée confirmée par les mesures dans lesquelles j'ai fait intervenir comme corps dissous le benzène, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, l'oxyde d'éthyle, substances ne donnant pas d'anomalies lorsqu'on les dissout dans le bromure d'éthylène, c'est-à-dire dans un corps assez voisin de celui dont il est question ici. La moyenne de ces mesures indique une constante égale à 217, cette constante variant peu avec la nature du corps dissous et avec la concentration, tant qu'on reste en solution étendue. Si l'on fait abstraction de quelques métaux, on ne peut citer comme constantes du même ordre que celles de l'acide iodhydrique et du tétrachlorure de carbone, solvants que la cryoscopie ne peut guère employer parce que leurs points de congélation sont trop bas. Il reste cependant un solvant qui pourrait être pratique, c'est le cyclohexane dont la constante, d'après Mascarelli et Benati, égale 205.

La constante 217 est douze fois celle de l'eau, on pourrait donc espérer pouvoir aborder avec le tétrabromure d'acétylène l'étude de solutions douze fois plus étendues que dans l'eau, s'il ne fallait pas tenir compte de ce fait que ce bromure est près de trois fois plus dense que l'eau.

Un de nos élèves, mort depuis à l'ennemi, ayant cru trouver qu'en solution dans ce corps le brome et l'iode étendus étaient à l'état monomoléculaire, nous avons repris ses mesures. Même avec des abaissements de quelques centièmes de degrés nous avons trouvé 160 et 254, mais à la condition expresse de prendre la plupart des précautions indiquées par Raoult pour la cryoscopie de précision; en particulier, la température du milieu qui entoure l'éprouvette où se fait la mesure a la plus grande influence, il la faut très voisine du point de congélation.

Le cyclohexane s'est trouvé un mauvais solvant cryoscopique parce qu'il conduit très fréquemment à des résultats anormaux dès que les solutions ne sont pas très étendues. Il pourrait bien en être de même pour le tétrabromure d'acétylène; en particulier, nous avons trouvé que le poids molécu-

laire de l'acide acétique dissous dans ce liquide était 64 pour un abaissement de quatre-centièmes de degrés, 100 environ pour six-dixièmes, 120 pour un degré. Il semble bien que les bons solvants cryoscopiques sont ceux qui ne sont pas trop neutres au point de vue chimique vis-à-vis du corps dissous; mais cela ne suffit pas puisque le tétrabromure en solution acétique donne un abaissement normal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de quelques carbures acétyléniques vrais au moyen de l'acétylène monosodé.* Note de M. **Picon**, présentée par M. A. Haller.

Nous décrirons dans la présente Note les résultats obtenus par l'application de la méthode de préparation des carbures acétyléniques vrais au moyen de l'acétylène monosodé ([1]) à l'obtention de l'heptine, du décine et de l'octodécine vrais normaux.

L'heptine a été préparé à partir de l'iodure d'amyle normal primaire. Ce dérivé halogéné a été obtenu en éthérifiant par l'acide iodhydrique gazeux l'alcool synthétique provenant de l'action du trioxyméthylène sur le bromure de butylmagnésium.

Au contact d'un léger excès d'acétylène monosodé en solution dans l'ammoniaque liquide, cet iodure fournit une réaction complète après plusieurs heures de séjour à l'autoclave à la température ordinaire.

Les produits de la réaction sont constitués par un mélange d'un carbure acétylénique vrai, l'heptine, d'un produit de condensation brun et d'une petite quantité d'un carbure éthylénique.

L'heptine est impur et distille entre 93° et 103°. Il s'obtient avec un rendement de 69 pour 100. On le purifie en employant l'action du sodammonium qui fournit deux tiers d'une combinaison sodée et un tiers de carbure éthylénique d'après l'équation que nous avons démontrée antérieurement en collaboration avec M. Lebeau ([2]). En décomposant ensuite la combinaison sodée par l'eau et en entraînant le carbure régénéré par la vapeur d'eau, on obtient un liquide qui, après avoir été séché au contact de la potasse fondue, distille entre 95° et 99°. Le rendement final est de 40 pour 100.

Le carbure éthylénique qui prend naissance en même temps que l'heptine

([1]) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1077.
([2]) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 137.

est séparé par distillation du mélange, puis purifié par contact avec du nitrate d'argent pulvérisé qui élimine les traces d'heptine. Il bout alors entre 30° et 32°. Ce n'est pas l'amylène normal dont le point d'ébullition est de 39°-40°, mais vraisemblablement le méthyl-2-butène

$$CH^3 - CH^2 - C(CH^3) = CH^2$$

bouillant à 31°-32°. Sa formation s'explique par la présence d'une petite quantité d'iodure d'amyle actif contenu dans le dérivé halogéné utilisé.

L'heptine que nous avons préparé et régénéré de son dérivé sodé distille entre 95° et 99°, alors que l'heptine pur obtenu par M. Moureu [1], à partir de l'acide amylpropiolique distille à 99°. L'impureté existant dans ce carbure est vraisemblablement de l'isoheptine distillant à 93°, et provenant de l'iodure d'isoamyle existant à l'état d'impureté dans l'iodure d'amyle employé.

La présence d'un iodure isomère est ici beaucoup plus gênante que dans le cas de la préparation des carbures acétyléniques vrais, homologues inférieurs de l'heptine. Nous rappellerons, en effet, que jusques et y compris l'iodure de butyle, seuls les iodures des alcools primaires normaux fournissent des carbures acétyléniques vrais avec l'acétylène monosodé. Les carbures obtenus ne peuvent alors être souillés par la présence d'isomères.

Le décine vrai normal se prépare avec l'iodure d'octyle normal primaire. L'action n'est complète que si l'on opère à l'autoclave en ayant soin d'agiter de temps à autre. Il n'est pas nécessaire de dépasser la température ordinaire.

Après avoir chassé l'ammoniaque par le vide, on extrait le carbure au moyen de l'éther. La distillation dans le vide fournit le décine sous forme d'un liquide incolore avec un rendement de 65,4 pour 100; il reste un produit de condensation de couleur jaune pâle.

Le décine vrai normal n'avait pas encore été isolé. C'est un liquide à odeur faible, non alliacée et plutôt agréable. Il bout à 59° sous 13^{mm} de pression. Il se solidifie dans un mélange de neige carbonique et d'acétone, son point de fusion est $-40°$. La densité de ce liquide à 0° par rapport à l'eau à 0° est égale à 0,791.

L'octodécine vrai normal se prépare avec l'iodure de cétyle. En raison de l'état solide de ce corps (P. F. : 122°), il est nécessaire, pour obtenir une action complète de l'acétylène monosodé, de le dissoudre préalable-

(1) Moureu, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 7, 1906, p. 541.

ment dans de l'éther de pétrole. On emploie 4 parties d'éther de pétrole pour une partie d'iodure de cétyle, et on laisse en contact 24 heures à l'autoclave à la température ordinaire.

Le carbure acétylénique vrai ainsi obtenu est solide; on le purifie par cristallisations dans l'alcool. Il forme alors des cristaux blancs, inodores, fusibles à 22°,5. La densité à 0° par rapport à l'eau à 0° est 0,8696.

Les trois carbures mentionnés dans cette Note fournissent des réactions positives avec les réactifs ordinaires des carbures acétyléniques vrais. Toutefois, avec le chlorure cuivreux ammoniacal et l'octodécine, on n'observe qu'une coloration jaune du carbure.

L'iodomercurate de potassium en solution alcaline ([1]) ne donne de précipité qu'avec l'heptine. Pour obtenir une réaction positive avec le décine et l'octodécine, il faut diluer l'iodomercurate dans son volume d'alcool et n'ajouter qu'une goutte de lessive de potasse par centimètre cube de réactif.

Les dérivés sodés de ces trois carbures s'obtiennent aisément au moyen du sodammonium. Dans le cas de l'octodécine, on dissout préalablement le carbure dans 6 parties d'éther de pétrole.

En résumé, l'action de l'acétylène monosodé sur les dérivés monohalogénés possédant la formule générale $R-CH^2-CH^2X$ permet de préparer facilement à la température ordinaire l'heptine, le décine et l'octodécine vrais normaux. Parmi ces trois carbures, le décine vrai normal n'avait pas été préparé jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique concentré sur le tétrachlorure de carbone*. Note de MM. **Ch. Mauguin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. Schützenberger a indiqué en 1869 un mode pratique de préparation du phosgène; ce procédé consiste à traiter à la température du bain-marie du tétrachlorure de carbone par l'anhydride sulfurique. Schützenberger formulait ainsi la réaction :

$$CCl^4 + 2SO^3 = S^2O^5Cl^2 + COCl^2.$$

Pour l'application industrielle de cette réaction on utilise SO^3 en solution dans l'acide sulfurique (oleum).

([1]) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 557.

Le but de la présente Note est d'indiquer qu'à la condition d'opérer à une température convenable, *avec un dispositif expérimental qui assure le contact intime des deux corps en proportions bien réglées*, l'acide sulfurique concentré (acide à 65° ou 66° B.) peut remplir le même office que l'anhydride sulfurique.

Dans le cas de l'acide réel SO^4H^2, la formule de la réaction est :

$$(1) \qquad CCl^4 + SO^4H^2 = SO^3HCl + COCl^2 + HCl.$$

Il se produit donc un liquide (chlorhydrine sulfurique) et un gaz, mélange de phosgène et d'acide chlorhydrique à volumes égaux.

Si l'acide sulfurique employé renferme une certaine quantité d'eau, la réaction est la suivante :

$$(2) \qquad (1+x)CCl^4 + SO^4H^2 + xH^2O = SO^3HCl + (1+x)COCl^2 + (1+2x)HCl.$$

Pour une même quantité d'acide sulfurique SO^4H^2 employé la quantité de chlorure de carbone décomposé s'accroît, et la proportion de phosgène est augmentée exactement comme si, à côté de la réaction représentée par l'équation (1), il s'en superposait une autre représentée par la formule

$$(3) \qquad CCl^4 + H^2O = COCl^2 + 2HCl,$$

en sorte que l'acide sulfurique ne jouerait plus ici qu'un rôle en quelque manière catalytique. En réalité, aux températures envisagées, l'eau n'agit pas dans le sens de cette formule et l'on aurait beaucoup plus à redouter une décomposition plus complète,

$$(4) \qquad CCl^4 + 2H^2O = CO^2 + 4HCl.$$

La proportion d'eau qu'on peut tolérer dans l'acide sulfurique est assez faible, et déjà avec l'acide glacial $SO^4H^2 + H^2O$ la formation de phosgène est trop lente pour que l'opération soit pratiquement intéressante.

II. Il est donc avantageux de se placer dans les conditions de la réaction (1) qui repose sur l'emploi de l'acide sulfurique réel.

Or il est facile de se placer dans ces conditions alors même qu'on ne disposerait que d'acide sulfurique plus ou moins aqueux, de l'acide des chambres à 55° B. par exemple.

La chlorhydrine sulfurique qui résulte de l'action du tétrachlorure de carbone est, en effet, un liquide violemment décomposable par l'eau avec formation d'acide sulfurique réel et dégagement de gaz chlorhydrique :

$$(5) \qquad SO^3HCl + H^2O = SO^4H^2 + 2HCl.$$

Si donc on dispose d'un acide sulfurique concentré, mais renfermant cependant encore une certaine quantité d'eau, on le ramènera à l'état d'acide réel par addition de la quantité suffisante de chlorhydrine sulfurique et l'on s'en servira utilement à l'obtention du phosgène. La chlorhydrine sulfurique employée sera régénérée par l'opération elle-même, sans préjudice de la portion qui correspondrait molécule à molécule à l'acide sulfurique aqueux initial : il n'y a donc à faire appel qu'à une quantité initiale très faible de chlorhydrine ; ce sous-produit, loin de s'épuiser, s'accumule à mesure que la fabrication se poursuit.

La chlorhydrine sulfurique peut d'ailleurs être employée à la production du phosgène, et la température d'action est même plus basse qu'avec l'acide sulfurique réel (130° au lieu de 150°-160°). La formule de réaction est

$$CCl^4 + 2SO^3HCl = S^2O^5Cl^2 + 2HCl + COCl^2.$$

Cette réaction se produit par un réglage imparfait du mode opératoire ; elle a comme conséquence que le phosgène est accompagné d'une proportion plus grande de gaz chlorhydrique, ce qui est désavantageux, comme on peut le voir aisément d'après ce qui suit.

III. *Mode opératoire.* — La réaction est effectuée dans un tube laboratoire vertical rempli de pierre ponce et chauffé électriquement à la température voulue. Les deux corps réagissants sont introduits à la partie supérieure et leur débit est soigneusement réglé ; le liquide formé est recueilli à la partie inférieure et les gaz s'échappent.

Pour séparer le phosgène du gaz chlorhydrique, on ne peut envisager l'emploi de l'eau même refroidie ; on utilise un lavage méthodique avec le tétrachlorure de carbone qui dissout le phosgène, de préférence au gaz chlorhydrique. La solution saturée de phosgène est presque exempte de gaz chlorhydrique ; on la distille ; le phosgène est liquéfié et le tétrachlorure de carbone récupéré rentre en fabrication.

Il y a donc intérêt à traiter un gaz renfermant la proportion la plus faible de gaz chlorhydrique. Cette considération s'applique au choix de l'acide sulfurique réel de préférence à un acide plus riche en eau et conduit également à diriger l'opération de façon à obtenir comme sous-produit liquide la chlorhydrine sulfurique.

En résumé : l'acide sulfurique concentré décompose aux environs de 150° le tétrachlorure de carbone en fournissant du phosgène et du gaz chlorhydrique et laissant comme résidu la chlorhydrine sulfurique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution du principe phospho-organique de réserve des plantes vertes.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

Le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes est décomposé quantitativement en inosite et acide phosphorique dans la proportion de 1^{mol} de $C^6H^{12}O^6$ pour 6^{mol} de PO^4H^3, lorsqu'on le chauffe sous pression avec un acide fort étendu (¹).

Il paraît, d'après cela, naturel d'admettre que le principe en question représente l'éther hexaphosphorique de l'inosite; mais sa composition ne répond pas à la formule $C^6H^{18}O^{24}P^6$ d'un pareil éther. Les analyses de l'acide libre et de ses sels conduisent toutes à la formule $C^6H^{24}O^{27}P^6$, qui diffère de la précédente par 3^{mol} d'eau en plus. La plupart de ces sels retiennent, même à 120°, une certaine quantité d'eau hygroscopique ou de cristallisation qui ne part à l'étuve qu'à 175°-180°.

Voici, à titre d'exemples, la composition de quelques-uns de ces composés, après dessiccation à 120° :

$C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12}$ (prismes clinorh.);
$C^6H^{12}O^{27}P^6Na^8Ca^2$ (fines aiguilles);
$C^6H^{18}O^{27}P^6Ba^3$ [aiguilles microsc. (²)];
$(C^6H^{15}O^{27}P^6)^2Ba^9 + 2H^2O$;
$C^6H^{12}O^{27}P^6Ba^6 + \frac{3}{2}H^2O$;
$C^6H^{12}O^{27}P^6Sr^6 + 2H^2O$;
$C^6H^{14}O^{27}P^6Ca^5 + H^2O$ (globoïdes);
$(C^6H^{13}O^{27}P^6)^2Ca^{11} + 4H^2O$ (globoïdes);
$C^6H^{12}O^{27}P^6Cu^6 + 3H^2O$;
$C^6H^{12}O^{27}P^6Fe^6 + 4H^2O$.

Le sel de magnésie, séché à 112°, correspond à la formule

$$C^6H^{12}O^{27}P^6Mg^6 + 6H^2O.$$

Anderson a décrit les composés $C^6H^{14}O^{27}P^6Mg^5$ (globoïdes) et $C^6H^{16}O^{27}P^6Ag^8$, séchés dans le vide à 105°, en présence d'anhydride phosphorique. Enfin, l'acide libre, laissé à l'étuve à 110°-130°, jusqu'à poids constant, répond à la formule $C^6H^{24}O^{27}P^6$.

Il est vrai que certains de ces sels perdent de l'eau quand on les maintient dans l'étuve au delà de 140°. Le sel double de soude et de chaux abandonne ainsi, entre 140° et 180°, 1^{mol} d'eau, le sel de soude cristallisé

(¹) S. Posternak, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 439.

(²) D'après R. J. Anderson, *J. of biol. Chem.*, t. 12, 1912, p. 97, et t. 17, 1914, p. 141.

un peu plus de $1^{mol},5$ à 180° et près de $2^{mol},5$ à 210°. Mais ces produits subissent alors une décomposition profonde, la moitié environ de leur phosphore total passant à l'état de pyrophosphate de soude. Le même phénomène s'observe d'ailleurs avec le glycérophosphate de soude, dont la constitution chimique n'inspire aucune incertitude; vers 170°-180°, ce sel perd 1^{mol} d'eau, qui est ici sûrement de l'eau de constitution, et se transforme partiellement en pyrophosphate.

L'acide libre et son sel acide de baryum, séchés dans le vide à 105° sur l'anhydride phosphorique, perdent, d'après Anderson, environ 2^{mol} d'eau, ce qui rapproche leur composition de celle de l'éther hexaphosphorique de l'inosite, mais aussi en se décomposant : l'acide libre n'est plus alors qu'un mélange renfermant jusqu'à 26,2 pour 100 de son phosphore total à l'état inorganique, une quantité sensible d'inosite et des produits voisins, par leur composition, des éthers di, tri et tétraphosphoriques de l'inosite. Le sel de baryte, dans les mêmes conditions, donne plus de 6 pour 100 de phosphates minéraux.

En un mot, l'acide phospho-organique libre et ses sels se comportent comme si les 3^{mol} d'eau qui nous préoccupent étaient de l'eau de constitution; mais il est difficile de faire entrer celle-ci dans une formule rationnelle. Celle qui a été esquissée par Neuberg (1) contient 6 oxhydryles alcooliques que je n'ai jamais pu déceler dans l'acide phospho-organique. En outre, chaque atome de phosphore s'y trouve combiné avec 5 atomes d'oxygène, ce qui est assez insolite dans l'histoire du phosphore. Celle qui fut indiquée par Starkenstein (2) mérite à peine le nom de formule, puisque l'auteur se contente d'accoler 3^{mol} d'acide pyrophosphorique à 1^{mol} d'inosite sans les combiner ensemble.

J'ai proposé moi-même, en 1903, sous le nom d'acide anhydro-oxyméthylène diphosphorique, la formule $O\begin{cases} CH^2-O-PO(OH)^2 \\ CH^2-O-PO(OH)^2 \end{cases}$, supposant que l'inosite n'existe pas préformée dans la phytine, mais apparaît, au cours de l'hydrolyse, par condensation des trois groupements isomères de l'aldéhyde formique, qui sont fixés sur l'acide phosphorique. Cette conception s'appuyait sur les expériences bien connues de Schimper (3), qui a montré que l'acide phosphorique passe à l'état organique dans le mésophylle exclusivement sous l'influence des rayons solaires. Elle trouvait, en outre, une

(1) *Biochem. Zeitsch.*, t. 9, 1908, p. 557.
(2) *Biochem. Zeitsch.*, t. 30, p. 56.
(3) *Botan. Zeitung*, 1888, p. 65.

analogie chimique dans ce fait que l'oxyde de carbone, en se fixant sur le potassium, se condense en hexaphénol, que l'hydrogénation, en présence du noir de palladium, transforme en inosite. On a ainsi la preuve d'une étroite relation entre cet alcool cyclique et le gaz carbonique [1], par conséquent avec le phénomène primordial de l'assimilation.

Cette manière de voir devient malaisée à soutenir, maintenant qu'il est démontré que l'acide phospho-organique se dégrade par l'action de la chaleur en donnant des éthers inférieurs de l'inosite, à sec, à 105°, et même en dissolution dans l'eau. Dans une semblable solution, maintenue au bain-marie bouillant pendant 35 heures, on a trouvé $3^{g},25$ d'inosite libre et $8^{g},5$ de son éther monophosphorique par litre, en même temps que 74,5 pour 100 du phosphore total étaient passés à l'état minéral. Néanmoins, ces constatations n'arrivent pas à résoudre les difficultés signalées plus haut.

Si donc aucune des deux formules $C^2H^8O^9P^2$ et $C^6H^{24}O^{27}P^6$, qui découlent l'une et l'autre de l'analyse directe, ne répond aux exigences d'une critique raisonnée, il est permis de se demander si notre acide phospho-organique ne possède pas réellement la constitution d'un hexaphosphate d'inosite, avec la faculté de retenir 3^{mol} d'eau assez énergiquement pour qu'il soit impossible de les lui enlever sans le décomposer.

La synthèse seule est capable de changer cette hypothèse en certitude; les essais que je poursuis dans ce sens me permettront, j'espère, de résoudre bientôt cette importante question.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur un stade primitif, essentiel, non encore reconnu dans le développement des Anthozoaires.* Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Un fait de premier ordre, par ses conséquences, domine toute l'embryogénie des Anthozoaires; c'est l'apparition de la symétrie bilatérale chez l'embryon dès les premières heures de son organogenèse. Cette notion, dont l'acquisition fut un grand progrès pour nos connaissances, introduisait cependant avec elle une insurmontable difficulté que nul n'a pu vaincre jusqu'ici : elle rendait irréductible l'un à l'autre le mode d'apparition des éléments périodiques primitifs des Anthozoaires et celui des mêmes éléments chez les autres Cnidaires; les premiers se disposant en série méta-

---

(1) Wieland et Wishart, *Ber. der deuts. chem. Gesells.*, t. 47, 1914, p. 2082.

mérique, cause de la bilatéralité, les seconds dérivant du développement sans altération d'une ébauche en croix, origine de la symétrie radiaire.

La constatation éclairée de ces différences fondamentales interdit toutes les homologies que l'on eût été tenté d'imaginer, à première vue, entre les Coralliaires et leurs voisins les plus naturels. Il en est résulté que, si l'établissement d'une telle barrière n'a pas découragé les essais de comparaisons, restés d'ailleurs tous infructueux, malgré leur grand nombre, il a, du moins, constamment dérouté l'activité des observateurs et, en définitive, isolé les Anthozoaires du reste des Cœlentérés supérieurs.

Je vais établir ici que cette barrière doit tomber. Par une semblable affirmation, je m'engage à faire la preuve, ou bien que la bilatéralité de l'embryon des Anthozoaires n'est qu'une illusion, ou bien que tout en restant une réalité, elle est d'origine secondaire et vient masquer, d'assez bonne heure pour l'avoir complètement dissimulé à nos yeux, un dispositif plus primitif relevant de la symétrie radiaire : la symétrie bilatérale des Anthozoaires, celle de l'embryon, comme celle de l'adulte, est bien une réalité profonde; j'en ferai prochainement connaître la nature, et c'est au second terme de l'alternative énoncée ci-dessus que mes recherches ont abouti.

Voici ce que m'ont révélé ces recherches entreprises sur *Pocillopora cespitosa* (Dana) et sur *Seriatopora subulata* (Lamarck), Hexacoralliaires communs dans la mer de Chine sur toute la côte d'Annam.

Avant que la perforation du blastopore au pôle oral n'ait mis en communication avec l'extérieur l'Archentéron de la planula pourvue de ses deux feuillets, il apparait dans l'endoderme archentérique deux massifs embryonnaires opposés l'un à l'autre, c'est-à-dire situés aux deux extrémités d'un même diamètre transversal. Ces deux points marquent, non pas comme on pourrait le croire en s'en rapportant à la description classique, la droite et la gauche de l'embryon, mais son foyer dorsal et son foyer ventral.

Il s'agit là d'un fait capital : je vais insister sur sa justification. J'envisagerai pour cela la suite du développement des deux ébauches auxquelles j'assigne une orientation nouvelle. J'ai pu, en observant les phases successives de ce développement, constater les phénomènes suivants :

1° Chacun des deux massifs embryonnaires, le dorsal devançant légèrement le ventral, subit un clivage aboutissant à son dédoublement suivant le plan vertical qui lui est commun avec son antagoniste, c'est-à-dire suivant le plan dorso-ventral de la larve;

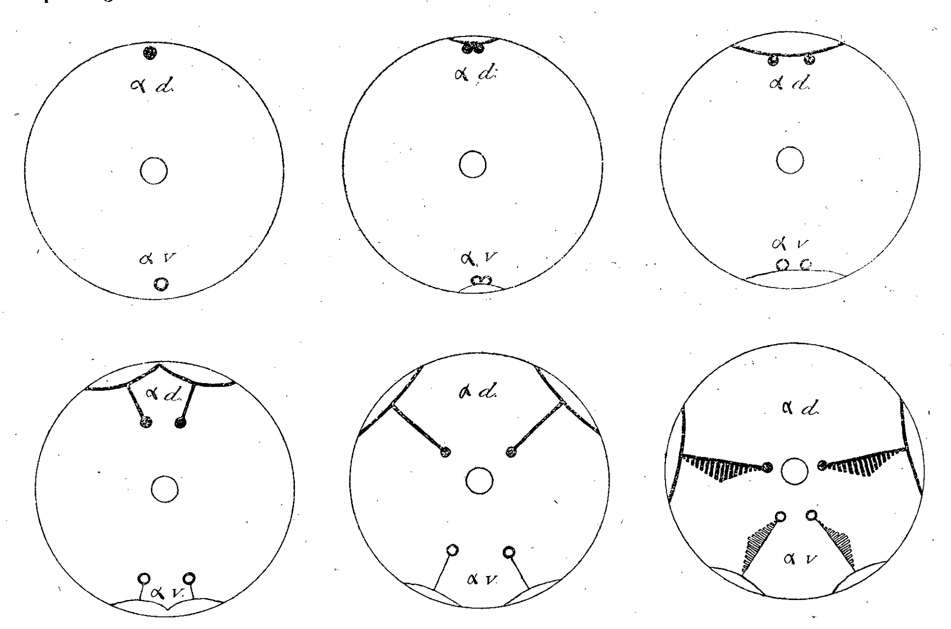
2° Les deux moitiés résultant de ce dédoublement s'individualisent et s'écartent progressivement l'une de l'autre;

3° Elles se dirigent symétriquement vers un point idéal de la paroi de l'Archentéron

situé à 90° de celui où elles ont pris naissance : le groupe dorsal étant toujours sensiblement en avance sur le ventral au cours de ce déplacement;

4° Dans la profondeur de chacun de ces massifs s'organise le futur cloisonnement de la larve : il est voué aux mêmes transformations que l'ébauche dont il émane;

5° A la surface de ces mêmes massifs se différencie un bourgeon épithélial appelé comme toute la formation dont il fait partie au dédoublement suivant un plan vertical et au partage bilatéral.



Ces représentations schématiques sont orientées le foyer dorsal en haut, le foyer ventral en bas, l'embryon étant vu par le pôle oral. La lettre grecque α est commune aux deux ébauches dorsale et ventrale; les lettres *d* et *v* désignent les foyers d'origine de ces ébauches. Le blastopore est au centre de la figure.

Disons tout de suite que c'est de ce bourgeon épithélial d'abord unique que dérivent, après dédoublement, les deux entéroïdes des deux cloisons du couple en formation dans la profondeur de chacun des deux massifs dorsal et ventral.

Il est à noter qu'au moment où s'effectue cette importante différenciation aux dépens de l'endoderme archentérique, le blastopore n'est pas encore ouvert. Cette observation règle donc d'une façon décisive la question toujours sans solution de l'origine blastodermique des Entéroïdes. Considérés par la majorité des auteurs modernes comme des prolongements ectodermiques du pharynx descendus dans les profondeurs de la cavité gastro-vasculaire, ces organes proviennent, en fait, d'une différenciation sur place du revêtement de l'Archentéron avant l'ouverture du blastopore, c'est-à-dire avant qu'il n'y ait un pharynx, avant même qu'il n'y ait une bouche susceptible de mettre en rapport avec l'extérieur la cavité primitive de la larve.

Par contre, ce n'est que très sensiblement après la formation de cet orifice que se

dessine l'orientation de la musculature dans les ébauches musculaires des cloisons. Or, en l'absence de cette musculature orientée, il est impossible, on le sait, de se faire une idée juste de la personnalité des éléments qu'il nous importe maintenant de connaître avec précision. C'est donc une révélation que nous ménage son apparition : Dès que la disposition musculaire définitive, caractéristique des Hexanthides, commence à s'affirmer, on s'aperçoit en effet :

1° Que l'ébauche partie du foyer dorsal a engendré dans son dédoublement et sa migration bilatérale les deux cloisons du maître-couple de la larve, c'est-à-dire, suivant le schéma des auteurs, le couple I, I;

2° Que l'ébauche ventrale a donné naissance aux deux cloisons dites *directrices ventrales*, c'est-à-dire, suivant le même schéma, au couple III, III.

En d'autres termes, chacune des deux cloisons du couple I, I et du couple III, III de la notation classique a son origine dans une ébauche unique dérivant du revêtement de l'Archentéron et située l'une au foyer dorsal, l'autre au foyer ventral de la larve.

Pour revenir à notre point de départ, voilà donc justifiée l'orientation que nous avons assignée aux deux masses embryonnaires initiales. En outre et conformément à l'assertion que nous avons avancée, l'évolution de ces deux masses initiales aboutit bien à un stade obéissant à la symétrie radiaire.

Sans vouloir chercher ici à tirer de ces faits nouveaux les conséquences qui en découlent, qu'il me soit cependant permis d'en indiquer une que sa portée générale désigne la première à notre attention : la symétrie tétraradiaire, malgré son caractère d'homogénéité irréductible, n'est pas une symétrie primordiale; elle a une origine plus simple : elle dérive, par clivage, d'un type biradiaire.

Si les choses devaient en rester là pour la jeune larve que nous venons d'étudier, nous serions en présence d'une forme réalisant, dans ses grandes lignes, le type architectural du scyphostome des Acalèphes. Mais pendant le temps de repos apparent qui donne à ce stade essentiel toute sa clarté, de nouveaux phénomènes se préparent à entrer en jeu. Ils vont venir altérer singulièrement la simplicité de cette disposition primitive : ce sont les causes morphologiques de la symétrie bilatérale des Anthozoaires. Je les ferai prochainement connaître.

ZOOLOGIE. — *La double foréa rétinienne des Rapaces diurnes.*
Note (¹) de M. A. Rochon-Duvigneaud, présentée par M. Y. Delage.

Depuis longtemps signalée (H. Müller, Chievitz, etc.) mais insuffisamment étudiée, niée du reste par Fritschs (1911), la double fovéa des Rapaces diurnes est un fait incontestable que nous avons constaté chez toutes les espèces examinées jusqu'ici : Buse vulgaire, Autour, Épervier, Crécerelle, Milan noir. La fovéa centrale est située en avant et un peu au-dessus de l'extrémité supérieure du peigne; la fovéa latérale, en arrière et au-dessus de cette même extrémité.

Chez la Buse vulgaire, la distance d'une fovéa à l'autre est de $6^{mm},5$ (longueur de l'axe de l'œil $21^{mm},5$); chez l'Autour, cette même distance est de $5^{mm},5$ (œil $= 20^{mm}$); chez l'Epervier, $4^{mm},5$ (œil $= 15^{mm}$). La distance angulaire qui, sur la rétine, sépare les deux fovéæ, est de 36° chez la Buse, de 33° chez l'Autour et chez l'Épervier.

La fovéa centrale des oiseaux est plus petite et plus profonde que la fovéa humaine; elle a presque l'aspect d'un trou fait avec une grosse épingle. La fovéa latérale est un peu plus petite et un peu moins profonde que la centrale.

Épaisseur de la rétine dans la région fovéale (pièces fixées au Zenker, incluses dans la celloïdine).

Buse. — Fovéa centrale. Épaisseur au bord, 475 microns; au fond, 200 microns. Fovéa latérale. Épaisseur au bord, 320 microns; au fond, 170 microns.

Autour. — Fovéa centrale. Épaisseur au bord, 475 microns; au fond, 160 microns.

Épervier. — Fovéa centrale. Épaisseur au bord, 400 microns; au fond, 175 microns.

Les fovéæ latérales de ces deux derniers oiseaux ne paraissent différer que très faiblement de la fovéa correspondante de la Buse; la fovéa latérale est toujours un peu inférieure à la centrale comme dimensions en largeur et en épaisseur.

La couche des grains internes (bipolaires, amacrines, etc.) mesure

(¹) Séance du 30 juin 1919.

environ 150 microns, chez la Buse, l'Autour et l'Épervier, sur les bords de la fovéa centrale; dans la même région de la fovéa latérale de la Buse, elle n'a que 100 à 120 microns d'épaisseur.

Structure comparée de la fovéa centrale et de la fovéa latérale chez la Buse : Fovéa centrale (*fig.* 1). — Les cônes du centre de la fovéa sont plus fins

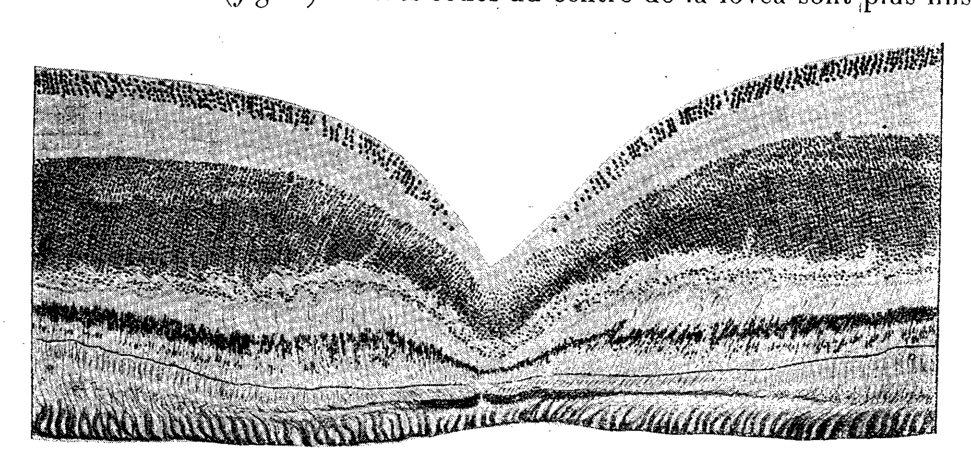


Fig. 1.

encore que ceux de l'homme dans la même région. Au niveau de leur segment externe, on en compte 9 à 10 dans un espace large de 10 microns. Chacun d'eux a donc moins de 1 micron d'épaisseur; mais ce qui importe, avant tout, c'est leur nombre sur un espace donné; il paraît être d'une centaine sur un carré de 10 microns de côté. Leur hauteur est de 65 microns. Ces cônes fins occupent au centre de la rétine de l'oiseau un espace non encore exactement évalué, mais qui dépasse de beaucoup l'étendue du bouquet central des cônes fins de l'homme, lequel a 200 microns de diamètre. *Noyaux des cellules à cônes.* Couche unique au centre de la fovéa; en dehors du centre, ils s'entassent sur 4 à 5 rangs d'épaisseur et sont fusiformes.

Couche plexiforme externe. — Décrit une élégante ligne sinueuse dessinée principalement par l'articulation du pied des cellules visuelles avec le prolongement périphérique de bipolaires. *Couche des grains internes.* Très amincie au centre de la fovéa, mais non interrompue totalement comme chez l'homme. Très épaisse latéralement (150 microns). Extrêmement riche en cellules; traversée obliquement par les prolongements des cellules bipolaires qui divergent du centre à la périphérie, traversée en sens inverse par les fibres de soutien qui croisent perpendiculairement les fibres

des bipolaires. Les noyaux des fibres de soutien forment une couche spéciale vers la base de la couche des grains internes.

Couche plexiforme interne. — Très épaisse; 7 à 8 zones superposées. *Couche des cellules ganglionnaires*, manque complètement au centre de la fovéa; sur ses bords, ces cellules se disposent en séries verticales comprenant 5 éléments superposés; elles forment donc une couche moins épaisse que chez l'homme (8 à 9 éléments), mais beaucoup plus étendue; elle contient donc, en définitive, plus d'éléments chez l'oiseau que chez l'homme.

Fovéa latérale (*fig.* 2). — Cônes centraux moins fins et moins nombreux

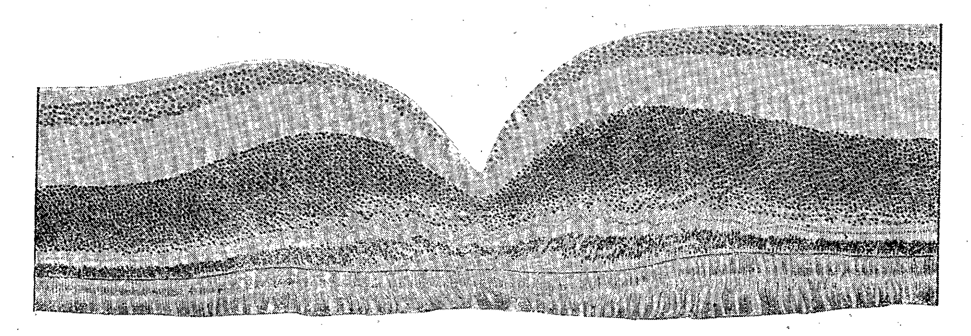


Fig. 2.

et surtout moins longs que dans la fovéa centrale; couche des grains internes un peu moins épaisse (100 à 120 microns au lieu de 150 microns). Les cellules ganglionnaires sont étagées en un nombre égal de couches (5). En définitive, la fovéa latérale, tout au moins chez la buse, ne présente qu'une assez faible réduction par rapport à la centrale.

On admet généralement que la fovéa latérale est utilisée pour la vision binoculaire. Cependant tout paraît disposé anatomiquement chez l'oiseau pour la vision indépendante de chacun des yeux, les yeux de l'oiseau sont fixes dans sa tête et ne possèdent pas les mouvements de convergence nécessaires pour ramener sur des points correspondants des deux rétines l'image d'objets qui se rapprochent ou s'éloignent de lui.

Nous pensons que les yeux de l'oiseau voient indépendamment l'un de l'autre, tout comme nos deux mains touchent indépendamment. Continuant cette comparaison, nous croyons que les deux fovéæ d'une même rétine peuvent voir simultanément et indépendamment, comme il en est pour le toucher de deux doigts d'une même main. L'homme voit presque comme avec un seul œil : il est presque un cyclope; mais l'oiseau voit avec ses deux

yeux comme nous touchons avec deux mains, indépendamment et séparément; et de chaque œil le rapace voit avec plusieurs fovéæ, ce qui est un avantage du même ordre que de toucher avec plusieurs doigts au lieu d'un seul. Mais l'homme, toujours dominé par le fonctionnement de sa vision binoculaire associée, ne se rend pas facilement compte que deux yeux peuvent être dissociés et voir simultanément et indépendamment. Il n'a cependant, pour le comprendre, qu'à songer à ses deux mains.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1919 (*suite*).

Sur les locomotives compound et leur développement en France, par A. Herdner. Extrait du *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*. Bruxelles, Weissenbruch, 1903; 1 fasc. 24cm.

Note sur l'emploi de la double traction, par A. Herdner. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*. Paris, Dunod, 1904; 1 fasc. 32cm.

Efforts de traction, double traction et stabilité, par A. Herdner. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*. Paris, Dunod, 1905; 1 fasc. 32cm.

Les locomotives à l'Exposition de Liège (1905), par A. Herdner. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*. Paris, 1906; 1 fasc. 27cm.

Efforts de traction, double traction et coup de frein, par A. Herdner. Paris, Dunod et Pinat, 1907; 1 fasc. 32cm.

La contre-vapeur, sa puissance, son emploi actuel, par A. Herdner. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*. Paris, 1918; 1 fasc. 26cm.

Catalogue raisonné et descriptif des collections d'ostéologie du service d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle, par R. Anthony : *Mammifères*, fasc. IX. — *Pholidota* (*Pangolins*). Paris, Masson, 1919; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Études sur la période pléistocène (*quaternaire*) *dans la partie moyenne du bassin du Rhône*, par W. Kilian et J. Révil, 2e et 3e Partie. Grenoble, Allier, 1918; 2 fasc. 25cm.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 16 juin 1919.)

Note de M. *H. Deslandres*, Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes :

Page 1184, ligne 1, *au lieu de* le spectre attribué à l'oxyde de carbone offre sept valeurs du paramètre n et donc nettement une progression additive, mais seulement deux valeurs du paramètre p, *lire* le spectre attribué à l'oxyde de carbone offre sept valeurs du paramètre p et donc nettement une progression soustractive, mais seulement deux valeurs du paramètre n.

(Séance du 23 juin 1919.)

Note de M. *A. Rateau*, Suite de la théorie des aéroplanes. Conséquences principales des formules :

Page 1248, l'équation (26), qui détermine l'incidence α_p du vol au plafond, n'est pas correcte. Il faut la remplacer par :

$$-2\chi\eta\alpha^3+(\eta-3\chi)\alpha^2+2\alpha-\frac{\eta+\chi}{\xi}=0; \tag{26}$$

et rectifier aussi l'application numérique. En prenant $\chi=0{,}0189$, qui convient pour la courbe de ψ au voisinage de $\alpha=6^\circ$, on trouve $\alpha_p=6^\circ{,}105$, au lieu de $5^\circ{,}304$; l'écart avec l'incidence optimum, $\alpha_m=5^\circ{,}029$, est très notable. Il permet une ascension supplémentaire de 82^{m} au lieu de 42^{m}.

Supprimer tout le passage relatif au calcul de $\frac{\Delta\alpha}{\alpha_m}$. L'écart est réellement trop fort pour se prêter à un calcul précis par le développement en série de Taylor limité aux termes du deuxième ordre.

(Séance du 30 juin 1919.)

Note de M. *Marcel Brillouin*, Actions mécaniques à hérédité discontinue par propagation :

Page 1320, *supprimer* la ligne 16 : *c'est la constante h de Planck.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 15 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

ASTRONOMIE. — *Les Élèves et les Astronomes passagers de l'Observatoire de la Marine.* Note (¹) de M. G. **Bigourdan.**

On a vu qu'à son Observatoire du Luxembourg Delisle avait eu déjà divers élèves.

Après 1748 d'autres vinrent se grouper autour de lui, en raison de ses leçons au Collége de France, et furent admis dans son Observatoire. *Lalande*, qui devait le remplacer, fut le premier d'entre eux et ne le quitta qu'en 1751 pour aller momentanément à Berlin. Outre Libour* (²) et

---

(¹) Séance du 26 mai 1919.

(²) Un astérisque (*) placé à côté d'un nom d'auteur indique l'existence, dans la *Correspondance* de Delisle, de lettres écrites à ce savant ou par lui. Deux astérisques (**) signalent de même des lettres dans les portefeuilles B, 4, 9-12 de l'Observatoire de Paris.

Nous manquons de renseignements sur *Libour*. Dans un Mémoire lu le 7 juillet 1753, Delisle dit (*Mém. Acad.*, 1753, p. 248) qu'il « s'est exercé depuis long temps aux observations astronomiques dans l'hôtel de Clugny ». Pendant les années 1753-1761 il fit un assez grand nombre d'observations variées (Pass. ☿, ♀; — Ecl. ☉, ☾; — Occult., Sat. ♃) rapportées par Messier avec les siennes (*C. des T.*, 1810, 1809).

En 1760 il avait présenté un Mémoire sur le passage de Vénus attendu pour le 6 juin 1761 (*Mém. Acad.*, 1760, H. 163); et en 1772 il avait calculé en détail les passages de Mercure de 1776 et de 1782 (*Mém. Acad.*, 1772, p. 451, et *Ephém.*, t. VII). La même année il étendit ces derniers calculs aux passages suivants et publia la *Carte des routes de Mercure sur le disque du Soleil* dans les passages de 1776, 1782, 1786, 1789 et 1799; dans le Mémoire qui accompagne cette carte, Libour prend le titre de professeur de mathématiques à l'Ecole militaire.

Messier ([1]), nous y trouvons encore, à diverses époques, Trébuchet (1755) d'Auxerre, le P. Dobler, bénédictin allemand (1756), Hennert* (1757), De Barros* (1753-1756), De Grante* (1753-1756), qui tous furent pension-

---

([1]) Relativement aux manuscrits de Messier nous pouvons actuellement ajouter les renseignements suivants, qui complètent ou modifient ce que nous avons déjà dit :

Le Dr Messier, maire de Badonviller et petit-fils de Nicolas Messier, frère de l'astronome, possédait deux portraits de son grand-oncle, ainsi que divers papiers et une pendule de Graham, provenant de la même origine. Tout cela doit se trouver aujourd'hui entre les mains des héritiers du Dr Messier, mort en août 1918, âgé d'environ 93 ans.

Des deux portraits de Ch. Messier, l'un avait été peint à l'huile par Auguste B. de Saron, un des fils du président de Saron; l'autre, un pastel d'Ansiaume, a été reproduit par M. G. Floquet dans sa Notice sur Ch. Messier.

Pour les papiers, que le Dr Messier voulut bien me communiquer en 1895, en voici l'inventaire sommaire :

I. *Deux volumes* reliés, qui sont évidemment ceux dont parle Delambre (*Éloge*, p. LXXXIX); ils ne renferment rien d'inédit, mais parfois ils indiquent des corrections à apporter aux imprimés.

II. Un petit *registre* in-12, entièrement manuscrit, contenant des *Tables* usuelles, d'autres *Tables* pour transformer les tours de vis de micromètres en arc, etc.

III. Un *registre* in-8 contenant les recettes de Messier de 1784 à 1794. On y voit que les placements de Messier furent assez souvent malheureux.

IV *et* V. Deux *cartons* contenant des lettres autographes, etc., notamment les documents suivants :

1. *Dépenses* faites pour la construction de l'Observatoire de l'hôtel de Cluny et pour divers instruments.

2. *Correspondance* relative à la cession du cabinet de Delisle au Dépôt de la Marine.

3. *Correspondance* de Messier avec le Dr Sanchez*, avec Baudoin, avec son frère Hyacinthe. (Dans une longue lettre écrite à son frère, le 24 décembre 1756, Messier expose en détail son genre de vie à Paris.)

4. Deux *lettres circulaires* écrites en 1763 par Delisle, qui recommande chaudement la candidature de Messier à ses confrères de l'Académie des Sciences.

5. Un *billet* du 18 mars 1764, signé par Delisle, Le Monnier, La Condamine, de Mairan, D'Alembert et de Fouchy, membres de la Société royale de Londres, certifiant à leurs confrères de ladite Société que Messier est très digne d'y être admis comme associé étranger.

6. *Rapport des commissaires* (Lalande et Pingré) nommés par l'Académie des Sciences pour examiner différents Travaux présentés par Messier en juin 1770 : observations de comètes; registres originaux de ses observations, formant 3 volumes in-f° et 2 volumes in-4° d'environ 400 pages chacun, plus un autre journal in-4° d'Observations météorologiques faites trois fois par jour.

7. *Lettres* écrites de Londres par Magalhaens* à Messier, dont une, du 30 septembre 1775, fort dure pour Maskelyne.

8. *Mémoire sur les observations des taches du Soleil*, faites depuis le 7 janvier 1750

naires chez Delisle, ayant au Collége de France chambre et couvert, en même temps que la direction astronomique la plus expérimentée [1].

Nous ne connaissons d'autre travail du P. *Dobler* qu'une observation d'éclipse du Sat. I de ♃ (1756, mai 19) rapportée par Messier; et *Hennert* est sans doute le futur professeur de l'Université d'Utrecht.

Claude-Etienne Trébuchet [2] (Auxerre, 1722 juillet 27 — † 1784 novembre 24), officier à la paneterie de la Reine, fréquentait les astronomes dès 1750 (*J. des Sav.* de 1786, p. 229), et en 1755 il fit à Cluny un très petit nombre d'observations rapportées par Messier (*C. des T.*, 1810, p. 336, 347). Lorsqu'il fallut organiser les voyages pour l'observation du passage de Vénus de 1761, en faisant à ce sujet des calculs dirigés par Delisle, il remarqua le premier une erreur de Halley qui changeait totalement les lieux de la Terre où il fallait se transporter; il empêcha ainsi des voyages inutiles qu'on était sur le point d'entreprendre; mais à cette occasion il eut avec son maître une discussion dont l'écho retentit jusque dans les journaux du temps.

On lui doit le calcul des passages de Mercure et de Vénus pour un

---

jusqu'au 3 février 1781, par Messier. C'est le texte qui devait former *introduction;* les observations manquent. On dit ici qu'elles ont été faites à l'instrument des passages (déjà indiqué sous le n° 2); et l'on y voit que le manuscrit qui manque donnait les ΔÆ et ΔD des taches par rapport aux bords du Soleil. Il y avait aussi des dessins des plus belles de ces taches.

Les *Tables* qui sont dans le registre II fournissent les données suivantes, dont pour nous l'interprétation est parfois douteuse :

Micromètre de l'Instrument des passages (2)........	1000	parties valent	19′.53″,86
Microm. de Mégnié appliqué à la gr. lun. achrom....	1000	»	16.45,90
Microm. id. id. à la lun. de Saron......	1000	»	16. 5,38
Microm. id. construit en 1775..............	1000	»	16.48,90
Microm. du q. de c. de Chapotot de 3pi ½............	1000	»	25.13,23

Table des erreurs d'orientation de l'Instrument des passages, déterminées par des hauteurs correspondantes du Soleil, du 15 août 1750 au 2 avril 1801.

[1] Lalande dit, en effet (*Nécrol.*, p. 43) : « Bientôt il [Delisle] m'admit dans son Observatoire, où je passai des nuits avec lui : enfin il voulut bien me recevoir comme Pensionnaire dans sa propre maison : dès lors sa Bibliothèque, ses manuscrits, ses méthodes et ses calculs devinrent communs entre nous et je n'éprouvai de sa part, ni inquiétudes, ni réticences. » Il en fut sans doute de même avec les autres élèves.

[2] Pour sa biographie, voir l'*Almanach de la ville d'Auxerre pour l'année* 1786 et le *Journal des Savants*, année 1786, p. 229-230.

grand nombre d'années ainsi que des tables d'azimut et de hauteurs. Il sut communiquer son amour de l'Astronomie à de Montbaron, qui, en 1763, éleva un observatoire dans sa maison d'Auxerre.

Le baron *Jacques* GRANTE [1], Irlandais, s'exerça aux observations à Paris, à l'Observatoire royal, où il découvrit la comète 1742 I, qu'il fut le premier à voir en Europe : c'est sans doute ce qui lui valut une pension de 200# qu'il obtint par le crédit de Cassini de Thury.

D'après *Mém. Acad.* (1754, p. 251) il devint Colonel d'infanterie; mais en 1756, Messier (*C. des T.*, an XV, p. 366), le dit Capitaine au régiment de Lally. Dans la *Corresp.* de Delisle on trouve diverses lettres de Grante, écrites de Lille (1754), de Dunkerque (1757), de Rio-de-Janeiro (1757), enfin de l'île Bourbon (1758), d'où il se rendit dans l'Inde. Il s'occupa de la réciprocation du pendule dès 1743, à Paris, et en 1755 et 1756 il fit, avec Delisle, diverses observations rapportées par Messier (*C. des T.*, 1810, p. 334-336).

José Joachim Soares DE BARROS *e Vasconcellas*, gentilhomme portugais (Setubal, 1721 mars 19 — † Lisbonne, 1793 novembre 2), habita au moins 6 ans (1751-1756) chez Delisle et, dans cet intervalle, y fit diverses observations dont Messier a rapporté la plupart de celles que nous connaissons (*C. des T.*, 1810, p. 334-367).

A une époque où la photométrie était encore dans sa première enfance, de Barros en cultiva deux branches délicates :

I. Dans son intéressant *Avertissement* sur le passage de Mercure qui devait arriver en 1753, Delisle avait, sans insister, attiré l'attention sur l'influence possible des verres colorés employés pour diminuer la lumière solaire. De Barros étudia cette influence, la trouva considérable et fit diverses publications à ce sujet (1753, 1757).

Cette question, reliée à l'apparition de la célèbre *goutte noire*, a été étudiée depuis, particulièrement à l'occasion des passages de Vénus de 1874 et de 1882, et peut-être peut-on dire qu'elle n'est pas encore complètement élucidée. En tout cas, les différences considérables trouvées par de Barros, suivant le verre coloré qu'on employait, montrent combien étaient grandes les aberrations des lunettes alors en usage.

---

[1] Il a signé ainsi « Jacques Grante » dans un blanc-seing qui se trouve dans la *Corresp.* de Delisle. Il serait donc différent d'Alexis Grant, baron d'Yverck, dont Lalande (*Bibliogr.*, p. 411 et 413) mentionne deux Ouvrages de 1739 et de 1740.

II. De Barros étudia aussi diverses équations *optiques* des éclipses des satellites de Jupiter, causées par l'atmosphère terrestre (agissant en raison des variations de la hauteur de l'astre au-dessus de l'horizon, de l'altitude de l'observateur, de la hauteur barométrique), — par l'éclairement du fond du champ (voisinage de ♃, ☾), — par les changements de distance ♃ — ♁ qui font varier les diamètres apparents des satellites, etc. Il avait fait à l'observatoire de Cluny, avec certains des instruments que nous avons indiqués, les observations qu'il emploie et il publia son travail dans *Mém. Acad.* de Berlin, année 1755, p. 362-385.

Son photomètre était constitué par des lames de verre identiques et plus ou moins nombreuses, qu'il plaçait devant l'oculaire (Bailly dit devant l'objectif, *Mém. Acad.* 1771, p. 592).

Astronomes passagers. — En dehors de ces élèves, commensaux plus ou moins habituels de Delisle, celui-ci ouvrait accidentellement son observatoire à d'autres astronomes, attirés sans doute par l'expérience et par l'hospitalité du maître. Tandis que les uns apportaient leurs instruments, les autres employaient ceux de Cluny. Les observations que nous en connaissons, rapportées avec celles de Messier, sont principalement des éclipses des satellites de Jupiter. Nous ne pouvons que citer ces astronomes, en ajoutant les années où ils ont observé ici :

*Baudoin** (1760-1772), — le chev. *Lorenzi** (1760) qui en 1773 prêtait encore à Messier un compteur sonnant les secondes, — *Prolange* (1760); — *Cousin*, *Levasseur*, *Montucla**—**, *Zannoni* en 1761; — le P. *Chevalier** (1761-1762), — *de Montbaron* (1763), — *Bernard*** (1765), — enfin (1), à partir de 1760, le président *de Saron* qui fut le Mécène de divers astronomes.

M. Costantin présente à l'Académie un exemplaire du 1er fascicule du tome I de la Xe série des *Annales des Sciences naturelles* (*Botanique*) qui vient de paraître. Il a été exprimé récemment des inquiétudes au sujet de l'existence des recueils chargés de publier en France les Mémoires de Biologie, Zoologie aussi bien que Botanique. De pareilles craintes ne pouvaient se rapporter au plus ancien périodique français. Bien que l'activité des *Annales* ait été un peu ralentie pendant la guerre, la publication n'a pas

(1) Après la mort de Delisle nous ne rencontrons plus à l'observatoire de Cluny que *Duséjour* (1770, 1774), *Bailly* (1771) et un *neveu* de Messier (1774), qui ne paraît pas avoir cultivé longtemps l'astronomie.

été interrompue. Les fascicules vont paraître maintenant régulièrement, comme avant 1914. Il y a lieu de mentionner une innovation intéressante dans cette nouvelle série; sous le titre d'*Actualités biologiques*, un certain nombre de pages seront consacrées à la mise au point et à la revision critique de divers problèmes importants à l'ordre du jour.

Les *Annales* ne perdront pas ce qui fait le fondement solide de leur renommée : la nouveauté et le travail original. Mais comme le nombre des chercheurs se multiplie partout et dans tous les domaines d'une manière extraordinaire, il en résulte que le monceau de faits découverts chaque jour grandit démesurément. Relier ces faits entre eux par un fil conducteur, isoler les séries qui correspondent aux acquisitions les plus fondamentales, cela contribuera à donner aux *Annales* un aspect nouveau et intéressant.

Si le succès correspond aux espérances qu'on peut fonder sur elles, ces *Actualités biologiques*, qui commencent aujourd'hui modestement, pourront être amplement développées.

M. **H. Hildebrand Hildebrandsson** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : Samuel Klingenstiernas. *Levnad och verk. Biografisk skildring utgiven av K. Svenska Vetenskapsakademien* : I. *Levnansteckning*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

En raison de l'urgence, l'élection aura lieu en la prochaine séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommation des séries ultrasphériques.* Note de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

La sommabilité (C, δ) de la série ultrasphérique

$$(1)\qquad F(\theta, \varphi) \sim \frac{1}{2\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(n+\lambda)\int\!\!\int_S \frac{F(\theta', \varphi')\, P_n^{(\lambda)}(\cos\omega)\, d\sigma'}{[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi-\varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}} \qquad (\lambda > 0)$$

en un point M de la sphère S dépend pour $\delta < 2\lambda$ de la conduite de $F(\theta, \varphi)$ autour du point W, diamétralement opposé au point M sur S. Mais la condition (C) de la sommabilité (C, δ) pour $\lambda < \delta < 2\lambda$

$$(C) \qquad \lim_{n=\infty} J_n^{(\delta)} = \lim_{n=\infty} \int_{\omega \geqq \pi - \varepsilon}\int \frac{F(\theta', \varphi')\, S_n^{(\delta,\lambda)}(\omega)\, d\sigma'}{[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}} = 0 \qquad (\lambda < \delta < 2\lambda) \quad [1]$$

n'était pas approfondie même dans le cas $\lambda = \frac{1}{2}$ (série de Laplace).

L'étude de (C) nous révèle la liaison intime qui lie l'index de sommabilité $\delta < 2\lambda$ de la série (1) en un point M avec l'ordre $\gamma[\gamma < 2\lambda + 1]$ d'infinitude de $F(\theta, \varphi)$ au point W. Cette influence de γ sur δ n'a lieu que pour $\delta < 2\lambda$: la sommabilité $(C, 2\lambda)$ ne dépend pas [1] de γ. Nous allons prouver que (C) est satisfaite pour $\delta > \lambda$, si $\gamma \leqq \lambda + 1$; si $\gamma > \lambda + 1$, (C) n'est satisfaite que pour $\delta > \gamma - 1$, donc :

La série (1) *n'est pas sommable* $(C, \lambda < \delta \leqq \gamma - 1)$, *ses moyennes d'ordre* $\delta = \gamma - 1$ *oscillent, en restant bornées, et celles d'ordre* $\delta < \gamma - 1$ *oscillent entre* $+\infty$ *et* $-\infty$; *pour* $\delta > \gamma - 1$, *la série* (1) *est sommable* $(C, \delta < 2\lambda)$; *elle l'est* $(C, \delta > \lambda)$, *si* $\gamma \leqq \lambda + 1$.

Pour $\delta < \lambda + 1$, on établit à l'aide de l'inégalité

$$(\sin\omega)^{\lambda}\left(\sin\frac{\omega}{2}\right)^{\delta+1} |s_n^{(\delta,\lambda)}(\omega)| < k(n+1)^{\lambda-\delta} \qquad (\lambda + 1 > \delta \geqq \lambda)$$

que l'on a $\lim_{n=\infty} J_n^{(\delta)} = 0$ pour chaque $\delta > \lambda$.

Si $\gamma \geqq \lambda + 1$, la formule approximative pour $J_n^{(\delta)}$

$$(2) \qquad J_n^{(\delta)} = (-1)^n \frac{\Gamma(1+\delta)\,\Gamma\left(\lambda + \frac{1-\gamma}{2}\right)\Gamma(n+\gamma)}{2^{\delta}\,\Gamma\left(\frac{\gamma}{2}\right)\Gamma\left(\lambda + \frac{1}{2}\right)\Gamma(n+1+\delta)}[C_0 + o(1)] + o(1) \qquad (\delta > \lambda)$$

prouve notre assertion. Posons $e = E(\gamma - \lambda - 1) \geqq 0$ et soit pour $\omega \geqq \pi - \varepsilon$

$$(3) \qquad F(\theta', \varphi') = \sum_{k=0}^{e} C_k \left(\cos\frac{\omega}{2}\right)^{k-\gamma} + F_1(\theta', \varphi') \qquad (\pi \geqq \omega \geqq \pi - \varepsilon),$$

où $F_1(\theta', \varphi')$ ne devient infinie pour $\omega = \pi$ que d'ordre $\gamma_1 < \lambda + 1$.

En substituant (3) dans $I_n^{(\delta)}$, on réduit la preuve de (2) à la recherche de

[1] E. Kogbetliantz, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 626, th. B.

la formule approximative pour l'intégrale

$$\int_{\pi-\varepsilon}^{\pi}\left(\cos\frac{\omega}{2}\right)^{k-\gamma} s_n^{(\delta,\lambda)}(\omega)(\sin\omega)^{2\lambda}\,d\omega \qquad (k=0,\ 1,\ \ldots,\ e-1,\ e).$$

Or, la même intégrale, prise de ε jusqu'à $\pi-\varepsilon$, tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$ puisque $s_n^{(\delta,\lambda)}(\omega)=o(1)$ uniformément dans $(\varepsilon,\ \pi-\varepsilon)$ pour $\delta>\lambda$. On a aussi

$$\int_{0}^{\varepsilon}\left(\cos\frac{\omega}{2}\right)^{k-\gamma} s_n^{(\delta,\lambda)}(\omega)(\sin\omega)^{2\lambda}\,d\omega=\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)}{\Gamma(\lambda)}+o(1),$$

et il suffit de prouver la formule approximative suivante :

$$(4)\quad \begin{aligned} j_n^{(\alpha)}&=\int_0^{\pi}\frac{s_n^{(\delta,\lambda)}(\omega)(\sin\omega)^{2\lambda}\,d\omega}{\left(\cos\frac{\omega}{2}\right)^{2\alpha}}\\ &=\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)}{\Gamma(\lambda)}+(-1)^n\\ &\quad\times\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma(1+\delta)\Gamma\left(\lambda+\frac{1}{2}-\alpha\right)}{2^{\delta}\,\Gamma(\lambda)\Gamma(\alpha)}\;\frac{\Gamma(n+2\alpha)}{\Gamma(n+1+\delta)}[1+o(1)]+o(1). \end{aligned}$$

On prouve (4), en calculant la fonction génératrice $\Phi(z)$

$$\begin{aligned}\Phi(z)&=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(n+1+\delta)}{\Gamma(1+\delta)\Gamma(n+1)}j_n^{(\alpha)}z^n\\ &=\frac{2^{2\lambda}\lambda\,\Gamma\left(\lambda+\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\lambda+\frac{1}{2}-\alpha\right)(1+z)\,F\left(\lambda+1,\ \lambda+\frac{1}{2},\ 2\lambda+1-\alpha,\ \xi\right)}{\Gamma(2\lambda+1-\alpha)(1-z)^{2+\delta+2\lambda}},\end{aligned}$$

où F signifie la fonction hypergéométrique et $\xi=\xi(z)=-\frac{4z}{(1-z)^2}$, et en appliquant la méthode connue de Darboux.

$\Phi(z)$ n'a que deux points singuliers $z=1$ $(\xi=\infty)$ et $z=-1$ $(\xi=1)$, où elle devient infinie d'ordres $1+\delta$ et 2α respectivement.

Dans le cas particulier $\lambda=\frac{1}{2}$, notre théorème complète les résultats de M. Gronwall (1), en montrant que la série de Laplace d'une fonction $F(\theta,\varphi)$, absolument intégrable sur S, est sommable $\left(C,\ \delta>\frac{1}{2}\right)$ en un point M de S,

(1) *Math. Annalen*, t. 75, 1914, p. 321-375.

où existe la valeur moyenne de $F(\theta, \varphi)$, si l'ordre γ ($\gamma < 2$) d'infinitude de $F(\theta, \varphi)$ au point W, diamétralement opposé sur S au point M, ne dépasse pas $\frac{3}{2}$; si $\gamma > \frac{3}{2}$ la série de Laplace n'est sommable (C, $\delta < 1$) que pour $\delta > \gamma - 1$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1919. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 72 jours d'observations dans ce trimestre et l'on en déduit les principaux faits suivants :

Taches. — Ces phénomènes sont en décroissance : on a, effectivement, enregistré 63 groupes au lieu de 92, et une aire totale de 5613 millionièmes au lieu de 6626, précédemment [1].

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a noté 19 groupes en moins au Sud, avec le nombre de 30 au lieu de 49, et 10 en moins au Nord, avec 33 au lieu de 43. Mais tandis que leur surface totale a diminué de plus de moitié au Sud, avec 1790 millionièmes au lieu de 3797, elle a augmenté de presque un tiers au Nord, avec 3823 millionièmes au lieu de 2829 ; cette augmentation est due à la présence de groupes importants dont le plus remarquable, visible à l'œil nu, a passé au méridien central le 14 février, à $+9°$ de latitude.

Il y a peu de changement dans la latitude moyenne des taches : $-12°,6$ au lieu de $-13°,0$, d'une part, et $+11°,9$ au lieu de $11°,3$, d'autre part.

Régions d'activité. — Les facules ont continué de diminuer : on a, au total, 124 groupes au lieu de 139, et 150,6 millionièmes au lieu de 172,0.

Leur répartition entre chaque hémisphère reste sensiblement analogue avec 7 groupes en moins au Sud, 63 au lieu de 70, et 6 en moins également au Nord, 61 au lieu de 69.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	N.	Surfaces moyennes réduites.	Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1919. — 0,00.						Janvier (suite).			
8	1	7,0	−8		15	6-15	10	10,6		+10	328
11-12	2	7,1	−18		37	7-17	10	11,8		+15	101
5-6	2	8,2		+3	20	19	1	14,3	−17		14
4-12	9	8,8	−9		97	10-13	4	15,8	−19		54

(1) Voir *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 455.

TABLEAU I. — *Taches* (suite).

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier (suite).			
11-21	10	17,0	— 8		159
17	1	17,9	— 5		3
15-18	3	17,9	—17		24
14-20	6	18,6		+12	40
18	1	19,2		+ 3	2
14-17	3	20,3	—22		10
15-20	4	20,7	— 7		15
20	1	20,8		+18	5
25	1	22,9		+15	4
28-31	3	25,5	— 6		292
20-25	2	25,7		+ 7	9
28-30	2	25,9	—13		9
21-31	7	27,0	—14		43
31	1	28,5	—20		2
30- 2	3	29,2		+25	47
28	1	29,4	— 28		2
2- 4	2	30,2		+ 9	55
	24 j.		—14°,1	+11°,7	
		Février. — 0,00.			
4- 7	3	1,2		+12	17
31-11	10	5,7		+ 7	161
31- 8	7	5,7	— 6		38
2-11	9	6,7	—14		46
2-13	11	7,9		+13	422
8-12	5	8,0		+20	78
6	1	10,1	—15		4
6-15	10	12,3		+12	76
8-19	10	14,5		+ 9	880
21-22	2	19,5	—12		8
15-26	9	21,1	— 5		106
		Février (suite).			
17-25	7	22,3		+ 9	21
23-28	6	25,3		+22	31
25	1	25,9		+29	6
22- 6	13	28,5		+13	170
	23 j.		—10°,4	+14°,6	
		Mars. — 0,00.			
5- 6	2	1,4	— 6		8
28- 3	4	2,4	— 7		31
25- 8	12	2,7		+ 7	125
26- 5	8	3,3	—18		40
26- 1	4	4,2		+ 8	6
6- 7	2	4,5		+16	9
3- 4	2	5,1		+ 7	4
2- 5	3	8,2		+ 8	9
5-15	10	10,2		+ 8	488
7-19	12	13,0		+ 9	365
10-15	5	15,3	—14		8
17-20	4	15,6		+ 2	28
10-20	10	16,2		+17	281
10-22	11	16,7	—18		244
14-24	10	20,2	— 6		39
28	1	25,0		+23	4
23-27	3	27,3	— 6		4
22-28	6	27,8		+14	11
24-26	2	29,0		+ 5	4
23- 4	8	29,4	—20		350
24-28	4	30,3	—20		76
27-28	2	30,3	— 1		12
24- 3	3	30,7		+ 6	16
	25 j.		—11°,6	+10°,0	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1919.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	2	7	6	15	10	5	4	1	»	»	25	1387
Février.....	»	»	»	3	2	5	10	3	5	2	»	»	15	2064
Mars........	»	»	»	5	5	10	13	9	3	1	»	»	23	2162
Totaux...	»	»	2	15	13	30	33	17	12	4	»	»	63	5613

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1919.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier.....	»	1	6	12	7	26	20	9	7	3	1	»	46	48,5
Février.....	»	»	2	10	5	17	18	6	8	4	»	»	35	45,4
Mars........	»	»	2	11	7	20	23	8	12	3	»	»	43	56,7
Totaux....	»	1	10	33	19	63	61	23	27	10	1	»	124	150,6

PHYSIQUE. — *Sur un fluoromètre.* Note de M. A. **Muguet**.

Dans la comparaison entre elles, et la mesure des substances fluorescentes radifères, les résultats les meilleurs m'ont été donnés en observant les fluorescences au travers d'écrans absorbants.

Sur ce principe, j'ai construit un fluoromètre où l'écran absorbant est constitué par une réglette formée de feuilles superposées de papier calque, croissant de centimètre en centimètre.

Les produits à mesurer sont comparés à un étalon de luminescence constitué par 1^{mg} de Ra-élément étalé sur 1^{cm^2} de surface, agissant sur un écran de platinocyanure de baryum collé sur un carton bristol éliminant le rayonnement α.

La partie de la réglette, c'est-à-dire la quantité de feuilles de calque nécessaire pour voiler complètement l'étalon, représentant le chiffre 100, on déduit facilement la valeur des produits à mesurer, en examinant l'épaisseur de calque voilant chacun des échantillons.

L'étalon radium-platinocyanure de baryum peut être remplacé par une source lumineuse convenablement disposée; cependant, ce moyen me semble moins rationnel.

Quel que soit l'étalon choisi, on peut constituer des étalons secondaires avec une feuille lumineuse au sulfure de zinc radifère, à condition de remplacer assez fréquemment cet étalon : deux fois par an au moins.

Ce dispositif modifié convenablement peut servir à mesurer les rayons X.

ÉLECTRICITÉ. — *Appareils sensibles pour les mesures en courants alternatifs.* Note de MM. **H. Abraham**, **E. Bloch** et **L. Bloch**, transmise par M. J. Violle.

Les progrès réalisés au cours de ces dernières années dans la construction des amplificateurs à lampes en ont fait des appareils robustes et sûrs. Leur emploi comme instruments de mesure va combler une lacune importante de la technique électrique : la mesure des courants alternatifs faibles de toutes fréquences.

Cette question, que nous avons abordée dans son ensemble, n'avait reçu jusqu'ici que des solutions incomplètes. Il n'existe pas d'électromètre à lecture directe pour une tension alternative de 1 volt. Il n'existe pas non

plus d'ampèremètre thermique pour 1 milliampère et les appareils thermoélectriques à miroir les plus délicats permettent difficilement de mesurer avec précision des puissances inférieures au microwatt.

Parmi les appareils réalisés ([1]), nous décrirons ici un *voltmètre amplificateur à lecture directe* : c'est, essentiellement, un amplificateur à résistances dans lequel le courant alternatif à mesurer, d'abord amplifié, est ensuite redressé par une lampe détectrice. On mesure le courant redressé au moyen d'un milliampèremètre à aiguille à lecture directe.

La valeur de la tension appliquée aux bornes d'entrée se déduit de la lecture faite au milliampèremètre en se reportant à une courbe d'étalonnage. L'appareil tout entier fonctionne comme un voltmètre dont la résistance intérieure serait d'un grand nombre de milliers d'ohms. Sa sensibilité peut être rendue aussi grande qu'on le désire en augmentant le nombre des lampes amplificatrices placées avant la lampe détectrice. Dans la plupart des cas, on peut se contenter de deux lampes amplificatrices suivies d'une lampe détectrice.

L'appareil mesure alors des tensions alternatives de l'ordre du millivolt.

Le *voltmètre amplificateur* se présente sous l'aspect d'une boîte rectangulaire portant à sa partie supérieure les lampes amplificatrices et détectrices avec leurs interrupteurs d'allumage, ainsi que le milliampèremètre de lecture. Le panneau supérieur porte également les bornes du circuit de chauffage (4 volts) et du circuit de haute tension (80 volts).

Le panneau avant porte les boutons de manœuvre d'un rhéostat à plots destiné à servir de résistance de compensation. Cette résistance, insérée dans le circuit d'une batterie de 8 volts, permet de ramener au zéro l'aiguille du milliampèremètre, en compensant, au moyen d'un courant local, le courant normal qui traverse le circuit de plaque de la lampe détectrice. On a placé également sur le même panneau les bornes d'entrée de l'appareil, ainsi qu'un distributeur permettant d'utiliser à volonté un, deux ou trois étages d'amplification. Enfin on dispose d'une prise supplémentaire permettant de substituer au milliampèremètre de lecture soit un microampèremètre, soit un téléphone.

Le voltmètre amplificateur peut être construit de façon à posséder son maximum de sensibilité soit dans la région des fréquences hertziennes, soit dans celle des fréquences alternatives ordinaires. Nous avons vérifié qu'il suffisait d'adapter les constantes électriques des circuits à la fréquence qu'il s'agit d'étudier. Mais il est intéressant de noter qu'un voltmètre amplifica-

---

([1]) Tous ces appareils ont été réalisés au cours de l'année 1918 pour les services de la Radiotélégraphie militaire.

teur pour haute fréquence garde la même sensibilité dans une échelle très étendue de longueurs d'ondes, et qu'il fonctionne encore, avec une sensibilité réduite mais largement suffisante, pour les mesures en basse fréquence.

Pour un grand nombre de mesures, toutes celles où l'on procède par une méthode de substitution ou une méthode de zéro, le voltmètre amplificateur sert seulement d'indicateur électrique et n'a pas besoin d'être étalonné. Mais si l'on veut déterminer directement les volts appliqués à l'entrée de l'appareil d'après les lectures faites sur le milliampèremètre de sortie, il faut faire un étalonnage. On y procède aisément en reliant les bornes d'entrée aux extrémités d'une résistance étalon parcourue par un courant alternatif connu. L'expérience montre que la courbe d'étalonnage est pratiquement une droite, sauf au voisinage de l'origine. Aux très faibles voltages, le voltmètre amplificateur fonctionne comme tous les détecteurs, suivant une loi qui n'est plus linéaire mais parabolique.

Le voltmètre amplificateur permet de faire commodément un grand nombre de mesures, dont quelques-unes seraient autrement très difficiles, surtout en haute fréquence. Nous nous contenterons de citer quelques exemples :

1° *Mesure d'une intensité de courant très faible.* — On fait passer le courant dans un circuit oscillant en résonance et l'on mesure les volts aux bornes de la self. On peut aussi se servir d'un transformateur. On arrive ainsi à mesurer par lecture directe des courants de fréquence musicale n'absorbant dans le primaire qu'une tension voisine de 100 microvolts.

2° *Mesure de capacités très faibles en haute fréquence.* — Le voltmètre est mis aux bornes de la capacité à mesurer, qui est elle-même en dérivation sur une capacité étalonnée, faisant partie d'un circuit oscillant réglé au voisinage de la résonance. La résonance ayant été déréglée par l'introduction de la capacité à mesurer, on la rétablit à l'aide de la capacité étalon, dont la variation donne la mesure de la capacité étudiée. En opérant au delà de la résonance (déviation moitié de la déviation maximum), l'influence des déréglages est beaucoup plus sensible, et l'on arrive sans peine à apprécier des capacités extrêmement faibles, comparables, par exemple, à la capacité d'une sphère de 1^{mm} de rayon.

3° *Mesure de la longueur d'onde propre d'une self; mesure des pertes dans un diélectrique ou dans une self; comparaison de deux ondemètres; mesure*

d'un décrément; mesure d'une intensité de réception en T. S. F. — Certaines de ces mesures seraient très compliquées avec les procédés usuels : elles se font toutes très facilement et avec précision en utilisant le voltmètre amplificateur à lecture directe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode d'obtention des cétones bicycliques.* Note (1) de MM. **Félix Taboury** et **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

On sait que la plupart des cétones cyclopentaniques et cyclohexaniques possèdent la propriété de se condenser, avec élimination d'une molécule d'eau, pour donner un composé cétonique possédant un nombre d'atomes de carbone double de celui de la cétone génératrice. Cette condensation, établie par les travaux de Wallach (2), de Mannich (3), de M. Haller (4) et par nos propres recherches (5), peut s'effectuer sous l'influence de divers agents tels que l'éthylate de sodium, la potasse en solution concentrée, l'amidure de sodium, le nickel réduit en présence d'hydrogène. Il est, du reste, à remarquer que si l'éthylate et l'amidure semblent réussir aussi bien avec les cétones cycliques en C^5 et en C^6, la potasse, au contraire, ne donne de bons résultats qu'avec les cétones en C^6. Quant au procédé au nickel, il ne s'applique, comme nous l'avons montré, qu'aux cétones cyclopentaniques avec formation de cétones saturées, alors que les autres procédés fournissent des cétones non saturées.

Dans cette Note, nous nous proposons de faire connaître une méthode d'obtention de cétones bicycliques, basée sur l'emploi d'un nouvel agent de condensation, l'hydrure de calcium, préparé industriellement, et qui permet d'obtenir des cétones bicycliques, aussi bien en partant des cétones cyclopentaniques que des cétones cyclohexaniques. On n'obtient ainsi que des cétones bicycliques non saturées, c'est-à-dire des cétones possédant une double liaison qui unit les deux noyaux. Il est assez curieux de remarquer

---

(1) Séance du 7 juillet 1919.

(2) *Ber. der deut. ch. Ges.*, t. **29**, p. 2965.

(3) *Ber. der deut. ch. Ges.*, t. **40**, p. 157.

(4) *Comptes rendus*, t. **140**, 1905, p. 127; t. **156**, 1913, p. 1199.

(5) *Comptes rendus*, t. **156**, 1913, p. 681. — *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. **13**, p. 591.

que l'hydrogène, engendré par suite de l'action sur l'hydrure de l'eau éliminée, ne se fixe pas sur cette double liaison.

Déjà, en 1908, l'un de nous, en collaboration avec M. Bodroux (¹), avait signalé l'influence condensante du carbure de calcium sur les cétones aliphatiques. En voulant étendre cette réaction sur les cétones cyclaniques, nous avons tout d'abord constaté que cette influence était assez variable suivant la cétone mise en œuvre. Tandis que l'hydrure de calcium fournit toujours la condensation prévue, le carbure de calcium réagit sur certaines cétones que nous indiquerons, alors que sur d'autres son action est presque nulle. A ce point de vue, l'hydrure paraît être d'un emploi plus général.

Le mode opératoire est le suivant : On place la cétone dans un ballon surmonté d'une boule renfermant l'hydrure ou le carbure concassés en petits fragments. Cette boule est mise en relation avec un réfrigérant ascendant. On maintient pendant quelques heures la cétone à une ébullition telle que les vapeurs affluent régulièrement au contact du composé calcique. On suit du reste très bien la marche de l'opération en observant le dégagement gazeux qui se produit assez rapidement au début, puis se ralentit peu à peu pour disparaître finalement. On arrête alors l'ébullition; on sépare, par filtration, le produit de la réaction de la chaux qu'il tient en suspension et on le rectifie sous pression réduite.

Par cette méthode, nous avons pu non seulement reproduire très aisément des cétones bicycliques déjà connues, mais nous avons pu aussi obtenir d'autres composés analogues non isolés jusqu'ici. Nous réservant de faire connaître ces derniers dans une prochaine Note, nous parlerons aujourd'hui des premiers.

α-cyclopentylidène-cyclopentanone $C^5H^8 = C^5H^6O$. — Préparée pour la première fois par Wallach en condensant la cyclopentanone à l'aide de l'éthylate de sodium, nous avons isolé nous-mêmes cette cétone parmi les produits obtenus dans l'électrolyse de la cyclopentanone (²). Par le procédé que nous indiquons, appliqué à la cyclopentanone, elle se forme avec un excellent rendement en utilisant soit le carbure, soit l'hydrure de calcium. Elle bout à 251°-252° sous la pression ordinaire et entre 122° et 125° sous 25^{mm}; son oxime est constituée par de belles aiguilles, assez solubles dans l'alcool dilué, fusibles à 122°.

β-méthylcyclopentylidène-β-méthylcyclopentanone $C^6H^{10} = C^6H^8O$. — Le carbure de calcium n'agit sensiblement pas sur la β-méthylcyclopentanone, mais l'hydrure de calcium nous a permis d'obtenir avec un très bon rendement cette cétone bicyclique, constituée par un liquide incolore, à odeur mentholée, bouillant à 127°-128° sous 13^{mm}, dont la densité à 19° est de 0,957 et dont l'indice de réfraction par rapport à la densité à 19°,5 est de 1,483 (P.M. trouvé 53,16; calculé pour $C^6H^{10} = C^6H^8O$ 52,92)

(¹) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. 3, p. 829.

(²) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. 13, p. 12.

L'oxime de cette cétone se présente sous forme de fines aiguilles fusibles à 94° et sa semi-carbazone fond à 144°.

Ces résultats s'accordent avec ceux publiés par Wallach au sujet d'une cétone qu'il a obtenue en condensant la β-méthylcyclopentanone à l'aide de l'éthylate de sodium. En soumettant la β-méthylcyclopentanone à l'action catalytique du nickel en présence d'hydrogène (¹), nous avons obtenu et décrit une β-méthylcyclopentyl-β-méthylcyclopentanone. Il nous a paru intéressant de rechercher si l'union des deux noyaux cyclaniques se faisait de la même façon dans les deux cas, car on peut concevoir deux positions possibles pour la double liaison. Pour nous fixer sur ce point, nous avons hydrogéné la cétone double, obtenue à l'aide de l'hydrure de calcium, en employant la méthode au platine perfectionnée par M. Vavon. La double liaison fixe deux atomes d'hydrogène et la cétone saturée ainsi obtenue est identique à celle que nous avons déjà décrite. Elle bout à 155° sous 50^{mm}, sa densité à 15° est de 0,947, son indice de réfraction par rapport à la raie D à 15° est de 1,470 (R. M. trouvée : 53,11; calculé pour $C^6H^{11} - C^6H^9O$: 53,32); sa semi-carbazone fond à 137°. Les deux noyaux s'unissent donc de la même façon quel que soit le procédé de condensation utilisé; des essais en cours nons permettront probablement de fixer la position de cette double liaison.

α-cyclohexylidène-cyclohexanone $C^6H^{10} = C^6H^8O$. — Préparée par Wallach et par Mannich cette cétone s'obtient facilement par condensation de la cyclohexanone au moyen de l'hydrure de calcium, tandis que le carbure de calcium n'a qu'une action très faible dans les mêmes conditions. Elle est constituée par un liquide bouillant entre 272° et 275° sous 760^{mm}, dont l'oxime fond à 155°. MM. Haller et Bauer (²) avaient déjà signalé que l'amidure de sodium réagissait très énergiquement sur la cyclohexanone en engendrant des produits de condensation parmi lesquels se trouvait cette cétone.

Métaméthylcyclohexylidène-métaméthylcyclohexanone $C^7H^{12} = C^7H^{10}O$. — Ce composé s'obtient avec un très bon rendement par action de l'hydrure de calcium sur la métaméthylcyclohexanone, le carbure de calcium ne le fournit qu'en proportion relativement faible. Il bout à 185° sous 55^{mm}, sa densité à 16° est de 0,9646 et son indice de réfraction à 16°, par rapport à la raie D, est de 1,497 (R. M. trouvée : 62,50; calculée pour $C^7H^{12} = C^7H^{10}O$: 62,13). Son oxime fond à 153°-154°. Ces résultats confirment l'identité de cette cétone bicyclique avec celle décrite par Wallach.

(¹) *Bull. Soc. chim. de France*, 4ᵉ série, t. 13, p. 591.
(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 557.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de la pipéronalcétone et de la dipipéronalcétone.* Note de MM. **Vavon** et **Faillebin**, présentée par M. Haller.

Cette Note est un résumé succinct des résultats que nous avons obtenus en hydrogénant la pipéronalcétone et la dipipéronalcétone par la méthode au noir de platine précédemment décrite par l'un de nous [1]. Ce travail presque achevé en 1914 a été interrompu par la guerre et n'a pu être terminée que récemment.

Dipipéronalcétone $\left(CH^2\langle{}^{O}_{O}\rangle C^6H^3 - CH = CH\right)^2 CO$.

Ce corps mis en solution dans l'acétate d'éthyle et agité dans une atmosphère d'hydrogène, en présence de noir de platine, absorbe très aisément 2^{mol} d'hydrogène et donne la cétone saturée correspondante.

Cette cétone après cristallisation dans l'éther ou l'alcool méthylique se présente sous forme de cristaux blancs fondant à 55°.

Cryoscopie dans l'acide acétique :

Trouvé : M = 335. Calculé : M = 326.

L'hydrogénation de la dipipéronalcétone se fait en deux temps :

L'un de nous a montré que certains corps diéthyléniques (carvone, limonène) s'hydrogènent en deux temps et qu'on peut à volonté obtenir le corps monoéthylénique ou le corps saturé [2]. Nous avons étudié la dipipéronalcétone à ce point de vue.

Pour suivre la réaction nous avons fait appel à la propriété suivante : la cétone diéthylénique donne une coloration rouge intense avec un mélange sulfoacétique, propriété que ne présentent ni la cétone monoéthylénique, ni la cétone saturée. Par des prises d'essai et des dosages colorimétriques, on peut donc suivre la réaction à chaque instant.

L'hydrogénation de 5^g de dipipéronalcétone dissous dans 1^l d'acétate d'éthyle en présence de 11^g de platine *très actif* nous a donné les résultats suivants :

V_H ……	0	130	270	380	490	599	760
C_A ……	5	3,6	1,8	1	$< 0,3$	0	0

(V_H, volume d'hydrogène absorbé; C_A, concentration en cétone diéthylénique.)

---

(1) *Annales de Chimie*, t. 1, 1914, p. 144.

(2) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 68, et t. 152, 1911, p. 1675.

Pour 1^{mol} d'hydrogène fixée on a hydrogéné 80 pour 100 de la cétone et pour $1^{mol}\frac{1}{3}$, 98 pour 100. La coupure en deux temps n'est pas aussi franche que dans le cas du limonène ou de la carvone; néanmoins la formation de corps monoéthyléniques prédomine nettement au début de l'expérience.

L'emploi d'un platine *peu actif* accentue cette coupure en deux temps, et la variation de la vitesse d'absorption du gaz suffit alors à mettre en évidence les deux phases successives.

Voici les résultats obtenus avec un tel platine (corps 21^g, platine 12^g) :

V_H (litres)................	0,85	1,5	1,7	2,4	3,1	3,2
Temps (minutes)..........	8	14	19	33	50	57
Vitesse (cm^3 par minute)...	100	110	40	50	40	10

Ce Tableau montre bien un changement brusque dans la vitesse après fixation de 1^{mol} d'hydrogène (1^l,5).

Dihydropipéronalcétone. — La cétone monoéthylénique préparée par le procédé précédent ou par condensation de la pipéronylcétone avec le pipéronal, se purifie bien par cristallisation dans un mélange de ligroïne et de benzine : elle fond à 99°.

Hydrogénation de la pipéronalcétone. — Haber prépare cette cétone par la condensation du pipéronal et de l'acétone en présence de soude. Par cristallisation dans l'alcool, il obtient un solide *jaune* fondant vers 107°. Ce corps, traité par l'eau bouillante, abandonne un solide *blanc* fondant à 111°. Haber considère ces deux corps comme deux isomères (maléique et fumarique). Il en fait l'oxime et la phénylhydrazone qui fondent à 183° et 163° pour l'isomère jaune, 186° et 166° pour l'isomère blanc (1).

Nous avons préparé les deux isomères de Haber suivant ses indications et soumis à l'hydrogénation leur solution dans l'acétate d'éthyle. Dans les deux cas, on obtient la même cétone saturée avec de bons rendements (80 pour 100 environ). Par cristallisation dans un mélange de benzine et de pétrole, on a des paillettes blanches fondant à 51° et distillant à 168° sous 13^{mm}.

L'oxime fond à 98°, la semicarbazone à 166°.

Plusieurs tentatives en vue de pousser la réduction jusqu'à l'alcool saturé ont échoué.

Les deux isomères de la pipéronalcétone. — Au cours de l'hydrogénation du corps jaune, nous avons été frappés par le fait que la coloration disparaît

(1) *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. **24**, 1891, p. 618.

bien avant la fin de l'expérience : la réduction se faisant à froid en milieu neutre, il y a peu de chances pour que l'isomère jaune se transforme en blanc; or, si cette transformation n'a pas lieu, la coloration jaune est due à une impureté qui se réduit et se décolore au début de l'opération.

Les faits suivants viennent appuyer cette façon de voir :

1° L'isomère jaune n'a pas les caractères d'un corps pur : il ne fond pas brusquement et, par cristallisations successives dans la benzine, on élève progressivement son point de fusion jusqu'à 109°-110°.

2° L'isomère jaune ajouté en petite quantité à l'isomère blanc ne change pas le point de fusion de ce dernier.

3° L'isomère jaune traité par l'eau chaude donne l'isomère blanc et un résidu jaune; en mélangeant ces deux substances, on obtient le corps primitif fondant à 107°.

4° Dans le traitement par l'eau, si l'on avait transformation de l'isomère jaune en blanc, la coloration jaune devrait disparaître; or elle ne disparaît pas : elle s'accumule dans le résidu. En mélangeant le corps blanc et le résidu jaune provenant d'une même opération, on obtient une substance dont la coloration est égale et même supérieure à celle du corps primitif, ainsi que le montrent des mesures colorimétriques faites sur des solutions de ces corps.

Tous ces faits tendent à prouver que l'isomère jaune est constitué par l'isomère blanc souillé par une impureté jaune. Les solvants usuels ne permettent pas de séparer complètement cette impureté.

L'eau chaude permet cette séparation.

Cette impureté, comme nous l'avons reconnu, est en grande partie constituée par de la dipipéronalcétone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la cinchonidine.* Note [1] de M. E. **Léger**, présentée par M. Charles Moureu.

La cinchonidine, qui renferme, comme la cinchonine, un groupe $CH^2 = CH -$, doit pouvoir fixer HCl, HI ou HBr. L'addition de HCl a pu être réalisée par Zorn [2] et par Hesse [3]. L'hydroiodocinchonidine a été obtenue par Neumann [4]; quant à l'hydrobromocinchonidine, elle fut décrite par Galimard [5] comme une poudre un peu colorée, difficile à faire cristalliser.

---

(1) Séance du 7 juillet 1919.

(2) *Journ. für prak. Chem.* (nouvelle série), t. 8, p. 279.

(3) *Annalen der Chem.*, t. 205, p. 314.

(4) *Monat. für Chem.*, t. 13, p. 651.

(5) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 25, p. 84.

J'ai préparé le bibromhydrate d'hydrobromocinchonidine par l'action de HBr (densité 1,5) sur la cinchonidine. Fines aiguilles extrêmement solubles dans l'eau, moins solubles dans l'alcool à 95°, absorbant lentement H^2O pour se transformer en une masse vitreuse.

L'hydrobromocinchonidine s'obtient en ajoutant une solution de KOH, en quantité théorique, au bibromhydrate, mis en suspension dans l'alcool. Lamelles rhombiques, microscopiques, minces, inaltérables, insolubles dans l'eau.

Action de SO^4H^2 *à* 50 *pour* 100 *sur la cinchonidine*. — J'ai répété, avec la cinchonidine, l'expérience réalisée autrefois avec Jungfleisch sur la cinchonine [1], c'est-à-dire que j'ai chauffé le sulfate basique de cinchonidine pur, pendant 48 heures, à reflux, avec quatre fois son poids de SO^4H^2 à 50 pour 100.

Du produit de la réaction, j'ai pu isoler deux bases peu solubles dans l'alcool à 50° et une troisième base facilement soluble dans cet alcool.

Les deux premières bases furent séparées : l'une sous forme de tartrate basique peu soluble, la seconde sous forme d'iodhydrate, la troisième, qui prédomine dans les liqueurs alcooliques faibles, sous forme d'oxalate.

Les deux premières bases furent identifiées : l'une avec la β-cinchonidine de Hesse, la deuxième avec l'apocinchonidine de Zorn et Hesse; ce sont des isomères de la cinchonidine.

La troisième base a une composition différente. Elle résulte de la fixation de H^2O sur le groupe $CH^2=CH-$ de la cinchonidine qui devient $CH^3-CHOH-$ ainsi qu'il résulte de l'analyse de ce composé [2] et de l'étude de ses propriétés; c'est donc une *oxydihydrocinchonidine* $C^{19}H^{24}N^2O^2$, isomère des oxydihydrocinchonines α et β [3]. L'oxydihydrocinchonidine se dépose de l'alcool dilué en lamelles minces à éclat nacré, présentant l'aspect de parallélogrammes, fusibles à 242°-243° (corrigé) en s'altérant. Son $\alpha_D = -101°,7$, dans l'alcool absolu pour $p = 1,016$; $t = 22°$. Dans l'eau, avec 3HCl, $\alpha_D = -135°$ pour $p = 1,048$; $t = 23°$.

Cette base fournit un dérivé diacétylé. En solution acide, elle ne réduit pas immédiatement le permanganate. Elle donne CBr^4 avec l'hypobromite et CHI^3 avec I + NaOH.

En traitant les oxydihydrocinchonines par SO^4H^2 à 70 pour 100, j'ai

---

(1) *Comptes rendus*, t. **105**, 1887, p. 1255.

(2) *Analyses*. — Trouvé : C = 72,60; 73,06; H = 8,00; 7,90 pour 100. Calculé : C = 73,08; H = 7,69.

(3) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 404.

observé la production de cinchonigine, de cinchoniline et d'apocinchonine. J'ai répété la même expérience avec l'oxydihydrocinchonidine que j'ai chauffé, pendant 10 heures à 115° avec SO^4H^2 à 70 pour 100.

Dans cette réaction, j'ai obtenu l'apocinchonidine et la β-cinchonidine tandis qu'une partie de l'oxyhydrobase resta inattaquée.

Il résulte de ces expériences que l'oxydihydrocinchonidine se comporte vis-à-vis de SO^4H^2 à 70 pour 100 d'une autre façon que les deux oxydihydrocinchonines. Il ne se forme pas, comme avec ces dernières, de bases à fonction éther-oxyde interne, analogues à la cinchonigine et à la cinchoniline. Les produits de déshydratation de l'oxydihydrocinchonidine correspondent à l'apocinchonine. Dans ces bases, comme dans l'apocinchonine, la double liaison a émigré; le groupe $CH^2 = CH —$ est devenu $CH^3 — CH =$. La β-cinchonidine et l'apocinchonidine sont vraisemblablement stéréoisomères. Il y a lieu de signaler aussi que, tandis que la cinchonine fournit deux produits d'hydratation à fonction glycol bisecondaire, la cinchonidine n'en fournit qu'un.

La production de bases à fonction éther-oxyde à l'aide des oxydihydrocinchonines doit être attribuée à ce que, dans ces bases, les groupes CHOH se trouvent placés dans une position favorable à l'élimination de H^2O, telle que le voisinage de ces CHOH. Par contre, dans l'oxydihydrocinchonidine, qui ne donne pas de base à fonction éther-oxyde, ces CHOH doivent se trouver éloignés l'un de l'autre. On arrive ainsi à établir, pour ces bases, les formules suivantes :

```
                        CH
                       /|\
CH³ — CHOH — HC       / | \CH²
                |   CH² |
                |    |  |
             H²C|   CH² |CH — CHOH — Q
                 \   |  /
                  \  | /
                     N
```

Oxydihydrocinchonidine.

```
        CH
       /|\
  H²C /  | \CH — CHOH — CH³
     |  CH² |
     |   |  |
  H²C|  CH² |CH — CHOH — Q
      \  |  /
       \ | /
         N
```

Oxydihydrocinchonines α et β.

où Q désigne le reste de la quinoléine. Ces bases ne seraient pas seulement des stéréoisomères, ce serait aussi des isomères de position.

En est-il de même de la cinchonidine par rapport à la cinchonine? Il est difficile de se montrer, sur ce point, tout à fait affirmatif; cependant cette conception n'est pas en désaccord avec certains faits, notamment l'action de l'acide chromique sur la cinchonine. Il y a, dans ce cas, ouverture de la chaîne pontale du noyau quinuclidique avec formation de méroquinène, en même temps que la partie quinoléique s'élimine sous forme d'acide cinchoninique ou acide quinoléine-γ-carboxylique. Or, dans le méroquinène, où le groupe $CH^2 = CH -$ de la cinchonine subsiste, ce groupe peut occuper indifféremment l'une quelconque des positions β ou β' qui, dans ce méroquinène, sont équivalentes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Emploi de la température critique de dissolution* (TCD) *dans l'aniline à l'analyse sommaire d'une essence de pétrole.* Note de MM. **G. Chavanne** et **L.-J. Simon**, transmise par M. Ch. Moureu.

Nous désignons par l'expression *analyse sommaire* la détermination globale des constituants aromatiques (Ar) et cycliques saturés (C) de l'essence. Pour fixer ces deux nombres, deux mesures sont nécessaires. La méthode que nous présentons est fondée sur deux mesures de TCD dans l'aniline, effectuées, l'une sur un échantillon de l'essence, l'autre sur un échantillon de l'essence débarrassée des carbures aromatiques par agitation avec un mélange sulfonitrique froid de composition déterminée.

Bien qu'il ne soit pas question de décrire ici le détail d'un mode opératoire, on peut cependant insister sur sa simplicité : l'appareil est un simple tube à essai, fermé par un bouchon muni d'un thermomètre à réservoir fin, permettant d'évaluer une variation de température de 0°,1 à 0°,2. Après y avoir introduit $0^{cm^3},5$ d'aniline pure, on ajoute peu à peu l'essence au moyen d'une pipette de 1^{cm^3}, graduée en dixièmes. Après chaque addition, on provoque, en chauffant, la miscibilité, et *l'on note au refroidissement la température d'apparition de trouble. Cette température s'observe avec une grande précision.* Par des additions successives d'essence, on détermine la valeur maximum de la température de trouble : c'est la température critique de dissolution cherchée T_1.

D'autre part, un échantillon d'essence est agité avec un mélange sulfo-

nitrique froid, de façon à enlever les carbures aromatiques, puis avec de l'acide sulfurique concentré, pour éliminer les produits nitreux et les carbures nitrés; ceci fait, on reprend la TCD : soit T_2.

On aura une approximation très suffisante de la teneur en carbures aromatiques par la formule de proportionnalité

$$Ar = k(T_2 - T_1).$$

Imaginons maintenant qu'on puisse isoler l'ensemble des carbures acycliques de l'essence et prendre leur TCD T_A, et qu'on puisse faire de même pour l'ensemble des carbures cycliques saturés et obtenir leur TCD globale T_C. D'après ce que nous avons vu dans une Note précédente [1], la teneur en carbures cycliques saturés sera

$$C = \frac{T_A - T_2}{T_A - T_C}(100 - Ar).$$

Pour un groupe d'essences déterminées, les valeurs de k, T_A et T_C peuvent être déterminées une fois pour toutes.

Remarques. — Cette méthode est d'une grande simplicité; elle est très pratique et n'exige qu'un matériel insignifiant. Elle n'exige aucune pesée et se limite à quelques lectures de volume. Elle a d'ailleurs été déjà recommandée pour le contrôle des matières grasses et pour l'appréciation de petites quantités d'eau dans l'alcool par le savant chimiste belge Crismer. Mais, précisément parce que cette méthode ne demande aucun apprentissage, il est bon d'attirer l'attention sur certaines précautions à prendre, qui en diminuent sans doute l'automatisme, mais qui sont indispensables pour éviter des erreurs.

1° La formule qui donne une estime des carbures aromatiques n'est applicable qu'au cas où cette teneur ne dépasse pas une certaine valeur (15 à 20 pour 100) et, dans ce cas, le coefficient $K = 1,18$.

La formule qui donne une estime des carbures cycliques s'applique également à un groupe d'essences déterminées, d'ailleurs très général. Les valeurs T_A et T_C peuvent être prises respectivement égales à 72° et 40° : nous n'indiquerons pas ici la manière de les déterminer.

2° La plupart des essences que nous avons examinées, soit asiatiques de Bornéo, de Perse, de Sumatra, soit allemandes, ne renferment que des

---

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1111.

proportions insignifiantes de carbures éthyléniques, en tout cas inférieures à 0,1 pour 100. Mais il n'en est plus de même pour les essences américaines. Celles que nous avons eu à examiner en renfermaient de 1 à 3,5 pour 100. La présence de ces carbures s'explique par la pratique du cracking; il n'est pas interdit de penser que l'essence brute en renferme un peu. Une essence obtenue par distillation d'un pétrole brut marocain renfermait, d'après M. Boulanger (comm. partic.), 0,25 pour 100, et une autre provenant d'un pétrole brut algérien 0,12 pour 100 de carbures éthyléniques.

Dans le cas où l'analyse (indice de brome) dénoncerait la présence de carbures éthyléniques, il y aurait lieu d'introduire un terme de correction en remplaçant dans la formule T_1 par $T_1 + 0,4\,E$, E étant la teneur en carbures éthyléniques exprimée en amylène. Dans le cas où d'autres impuretés (oxygénées, sulfurées, azotées) seraient anormalement reconnues dans l'essence, il faudrait l'examiner.

3° Si la distillation fractionnée, qu'il ne peut être question de supprimer, révèle une proportion relativement considérable de produits volatils, la technique doit être adaptée à cette circonstance. La mesure de TCD doit être faite, avec les précautions convenables, dans un tube scellé de faible capacité. Il faut éviter ou réduire au minimum les pertes par volatilité inhérentes aux opérations de nitration.

4° Il faut signaler aussi la difficulté d'enlever les dernières traces de dérivés nitrés, après nitration, en dépit de lavages réitérés à l'acide sulfurique concentré. Ces carbures abaissent la TCD d'une quantité dont, s'il le fallait, on pourrait tenir compte par un terme correctif d'ailleurs très faible. T_2 sera dès lors remplacé par $T_2 + 0,2$.

5° Pour tenir compte du léger écart à la loi d'additivité présentée par les carbures cycliques saturés, il faut également introduire un terme correctif. Après examen critique, ce terme correctif peut être fixé à 0°,5. T_C sera donc remplacé par $T_C - 0,5$. A la valeur 40 sera substituée la valeur 39,5.

6° L'aniline employée doit être identique à elle-même, c'est-à-dire pure et fraîchement distillée. Même si on la conserve avec soin à l'abri de la lumière, il est bon de la contrôler au moment de s'en servir en prenant la TCD d'un échantillon de cyclohexane pur réservé à cet usage. Si la valeur s'écarte de la TCD 31° de ce carbure, on peut se servir quand même de l'aniline mais en tenant compte de l'écart par un terme correctif. Tout revient à un déplacement de zéro d'un thermomètre. Le thermomètre lui-même doit être également vérifié de temps à autre.

En résumé, sous ces réserves et avec ces précautions, les formules qui donnent la composition d'une essence de pétrole sont :

Carbures aromatiques .... $Ar = 1,18(T_2 - T_1)$

Carbures cycliques saturés......... $C = \frac{72 - (T_2 + 0,2)}{72 - 39,5}(100 - Ar)$

Carbures acycliques.............. $Ac = 100 - Ar - C$

Ces formules ne renferment comme inconnues que T_1 et T_2 qui résultent de l'observation directe.

MINÉRALOGIE. — *Sur le chromate double hexahydraté magnésico-potassique.* Note [1] de M. A. **Duffour**, présentée par M. Wallerant.

I. Le sel $(CrO^4)^2MgK^2, 6H^2O$ n'a jamais été décrit, bien qu'on se soit maintes fois occupé de lui, en raison de son isomorphisme probable avec les sulfates doubles magnésiens. Les indications bibliographiques sont assez nombreuses, mais elles se contredisent plus ou moins en ce qui concerne l'existence même de ce composé.

J'ai pu en reconnaître la raison et préciser les conditions d'obtention facile de ce sel.

II. Pour le préparer, on dissout *séparément* les deux chromates composants, dans un poids d'eau tiède égal à deux fois et demie environ le poids des sels supposés anhydres. Après mélange et filtration, la liqueur est abandonnée à l'évaporation dans un local dont la température ne dépasse pas 15° C. Au bout de quelques jours, apparaîtront de beaux cristaux tabulaires, isolés et limpides pour la plupart, de teinte jaune d'or, atteignant jusqu'à 7^{mm} et qui constituent l'hexahydrate.

Il faut cueillir sans tarder ces cristaux, sinon il se fait bientôt des sphérolites de menus cristaux opaques du dihydrate qui, envahissant le cristallisoir, font disparaître les premiers.

Analyses.

	$(CrO^4)^2MgK^2, 6H^2O$.		$(CrO^4)^2MgK^2, 2H^2O$.	
	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.
$2CrO^4$ (pour 100)	52,4	52,9	62,7	62,8 - 62,7
Mg »	5,5	5,5	6,3	6,3 - 6,5
$4H^2O$ » (perte)..	16,3	16,2		

(1) Séance du 10 juin 1919.

III. On peut sécher les cristaux hexahydratés et les manier sans précaution spéciale. Il importe néanmoins de se hâter si l'on veut les examiner. Si en effet, vers 10°-15° C., ils restent absolument intacts pendant 5 ou 6 heures au moins, inévitablement, des points opaques finissent par s'y montrer, qui s'étendent très lentement et achèvent en quelques heures de transformer le cristal en un amas de microscopiques cristaux enchevêtrés du dihydrate. Les figures d'efflorescence sont elliptiques, sauf celles de la base *p* qui forment des losanges très nets, ayant leurs côtés parallèles aux faces du prisme *m*.

A la température de 120° C., la déshydratation est plus rapide, mais elle s'arrête au même terme, le dihydrate.

La même déshydratation s'observe d'ailleurs à froid, non seulement dans une atmosphère saturée, mais encore sur des cristaux maintenus dans leur eau mère, avec cette différence que, dans ce dernier cas, la formation des figures d'efflorescence est remplacée par celle d'une masse globuleuse du dihydrate, masse qui s'accroît à la fois aux dépens du cristal et de la solution.

Ce sont là les caractères d'un hydrate qui, dans les conditions indiquées, se trouve hors de son domaine de stabilité et *au-dessus*, ayant à ces températures une tension d'efflorescence supérieure à la tension maxima de l'eau. Ces cristaux montrent donc, avec une netteté remarquable, ce phénomène peu fréquent dans le cas de l'efflorescence, de leur conservation pendant plusieurs heures en équilibre *métastable*.

Le dihydrate triclinique, seul stable dans ces conditions, est naturellement moins soluble que l'hexahydrate instable. A + 10° C., la différence de solubilité est déjà notable, puisqu'on trouve, pour chacune des solutions saturées :

	Sel	
	à $2H^2O$.	à $6H^2O$.
$\frac{\text{eau}}{\text{sel anhydre}}$	2,72	2,39

En résumé, le sel hexahydraté, qui ne peut être réellement stable qu'à des températures suffisamment basses, est déjà notablement instable dès la température de + 10° C. Ce sel peut néanmoins être obtenu et étudié à l'état métastable, grâce à une sursaturation de sa solution, d'autant plus accentuée que la température sera plus élevée et qui se réalise aisément, par évaporation spontanée, au moins jusqu'à 15° (18° même, selon Wyrouboff). Il est essentiel, toutefois, que l'on empêche la présence des germes

du dihydrate, aussi lents à se former qu'ils sont difficiles à supprimer ensuite, en s'astreignant à n'employer que des solutions neuves, n'ayant pas servi à des cristallisations antérieures.

IV. *Caractères cristallographiques.* — Ce chromate double offre, avec le sulfate et le séléniate correspondants, la très étroite analogie de forme attendue. Ses cristaux, monocliniques, sont presque toujours aplatis suivant p (001), qui domine et que remplace souvent un dôme extrêmement surbaissé (4 à 6 minutes), ayant son arête dans g^1. Ils présentent en outre, dans l'ordre décroissant de développement et de fréquence, les faces $m(110)$, $a^{\frac{1}{2}}(\bar{2}01)$, $h^1(100)$, $e^1(011)$, $g^1(010)$. Parfois aussi, mais très réduite, $d^{\frac{1}{2}}(111)$. Les premiers cristaux formés sont toujours fort simples : $pm\,a^{\frac{1}{2}}$, $pm\,a^{\frac{1}{2}}h^1$.

Paramètres : $a : b : c = 0{,}7521 : 1 : 0{,}4984$;
$\beta = 103°54'$.

	Angles des normales.	
	Calculé.	Observé.
pm (001)(110)	fond.	78°49′
$pa^{\frac{1}{2}}$ (001)($\bar{2}$01)	fond.	62. 5
mh^1 (110)(100)	fond.	36. 8
$ma^{\frac{1}{2}}$ (110)($\bar{2}$01)	52°58′	53. 0
me^1 (110)(011)	64.22	64.28
ph^1 (001)(100)	76. 6	76. 8

Ces caractères géométriques sont conformes aussi aux quelques prévisions, d'ordre qualitatif, que permet notre connaissance si imparfaite encore des relations existant entre la forme cristalline des composés et leur composition chimique.

C'est ainsi que la comparaison de ce chromate double potassique et de ses analogues du rubidium et du cæsium ([1]) montre que ces sels forment bien, dans la grande série isomorphe, une triade *eutropique* ([2]), tout comme les sulfates ([3]) et les séléniates ([4]) correspondants. C'est ce qui résulte du Tableau suivant, où figurent, pour quelques couples de faces appartenant

([1]) TUTTON et MARY PORTER, *Zeitschr. f. Kryst.*, t. 51, 1913, p. 74.
([2]) TUTTON, *Crystalline Structur and Chem. Const.*, 1910, p. 125.
([3]) TUTTON, *Trans. Chem. Soc.*, t. 63, 1893, p. 344.
([4]) TUTTON, *Zeitschr. f. Kryst.*, t. 35, 1902, p. 529.

aux principales zones, les accroissements, positifs ou négatifs des dièdres interfaciaux, ainsi que ceux de l'angle β, lorsqu'on substitue le rubidium au potassium ou le cæsium au rubidium.

	Chromates.		Sulfates.		Séléniates.	
Dièdres.	K — Rb.	Rb — Cs.	K — Rb.	Rb — Cs.	K — Rb.	Rb — Cs.
pm......	−45′	−65′	−59′	−60′	−48′	−56′
$pa^{\frac{1}{2}}$.....	+19	+56	+45	+68	+44	+54
pe^1......	−14	−25	−13	−18	−13	−18
mh^1.....	− 4	−34	−12	−36	−17	−32
$ma^{\frac{1}{2}}$....	+24	− 5	+11	−20	− 1	−12
me^1.....	−31	−39	−47	−37	−33	−34
β........	+55	+75	+71	+67	+56	+63

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la formation des colonnes de basalte.* Note de M. C. **Dauzère**, présentée par M. E. Bouty.

La formation des colonnades basaltiques a été l'objet de nombreuses théories qui ont été longuement discutées par les géologues; ces discussions se sont poursuivies sans aboutir à une explication pleinement satisfaisante de ce curieux phénomène. Un examen critique des principales hypothèses a été fait récemment par un géologue américain : M. Robert Sosman (¹).

L'opinion généralement admise consiste à attribuer la production des fentes qui séparent les colonnes à la contraction qui accompagne le refroidissement de la lave solide. James Thomson (²) a montré comment de telles fissures peuvent aboutir à la formation d'un réseau prismatique à peu près hexagonal. Cette hypothèse n'explique pas la situation des prismes au-dessous d'un chapeau non prismé qu'on observe dans la plupart des coulées, ni la segmentation transversale en articles à peu près égaux, ni les ondulations régulières de la surface latérale des colonnes (grotte des fromages, etc.), ni les différences de densité constatées par Delesse (³) entre la partie centrale et la région voisine des parois.

J'ai formulé il y a quelques années (⁴) une autre hypothèse reproduite

(¹) Communication faite à la Société de Géologie de Washington, 27 avril 1915 (*Journal of Geology*, vol. 24, 1916, p. 215).

(²) *Collected Papers*, p. 422.

(³) *Comptes rendus*, t. 47, 1858, p. 448.

(⁴) *Association française pour l'Avancement des Sciences*, 1908, p. 436.

plus tard par M. Longchambon ([1]). Elle consiste à admettre que la division hexagonale résulte de tourbillons cellulaires formés antérieurement dans le liquide et persistant pendant et après la solidification (comme cela a lieu dans une couche de cire), les surfaces latérales des prismes étant des plans de rupture facile ([2]).

Plusieurs objections peuvent être faites à cette théorie; j'en ai indiqué moi-même quelques-unes. La principale consiste dans la hauteur énorme des colonnes par rapport à leurs dimensions transversales. La théorie n'explique pas non plus le défaut de verticalité des prismes dans certaines colonnades, les ondulations et divisions régulières transversales, l'existence du chapeau non prismé, etc. M. Longchambon a discuté longuement ces objections; il a essayé de les réfuter. En particulier, il a expliqué la formation de colonnes de grande hauteur et la segmentation transversale par l'existence de tourbillons superposés à l'état liquide à l'intérieur d'un même prisme; aucun fait expérimental ne vient à l'appui de cette suggestion.

La plupart des difficultés précédentes disparaissent à la suite de mes nouvelles recherches sur la solidification cellulaire ([3]). La solidification d'une couche de nitrate de soude de quelques millimètres d'épaisseur réalise une colonnade basaltique en miniature, représentée en coupe et en plan par les photographies jointes à ma Thèse. On peut rapprocher ces photographies de celles qui représentent les colonnades basaltiques les plus connues (grottes de Fingal, orgues de Saint-Flour, de Murat, etc.). On y retrouve des points très nombreux de ressemblance : existence d'un chapeau non prismé, grande hauteur de prismes, verticalité approximative des axes qui parfois se recourbent progressivement de manière à rester à peu près normaux aux surfaces isothermes successives, ondulations et segmentations transversales régulières, etc.

J'ai décrit tout au long dans ma Thèse le mécanisme de la formation des cellules prismatiques du nitrate de soude; j'ai fait observer que le même mécanisme peut intervenir dans une matière quelconque cristallisée ou amorphe en train de se solidifier dans des conditions analogues, par exemple dans une lave volcanique qui a cessé de couler et se solidifie

---

([1]) *Bulletin de la Société géologique de France*, 1913, p. 38.

([2]) H. Bénard, *Revue générale des Sciences*, t. 11, 30 décembre 1900, p. 1261. — C. Dauzère, *Journal de Physique*, novembre 1907.

([3]) *Thèse de doctorat*, Paris, 2 juin 1919.

lentement. La solidification de la croûte superficielle progressant vers le bas détermine dans la couche liquide, au contact immédiat du solide, des tourbillons cellulaires de solidification; chacun d'eux est logé à l'intérieur d'un prisme et se propage vers le bas à l'intérieur du même prisme en même temps que la solidification. La propagation de la solidification subit parfois des arrêts périodiques qui donnent lieu à des ondulations régulières et à la segmentation transversale.

Cette théorie est applicable à un grand nombre de colonnades dont la contraction ne peut manifestement expliquer la formation. Dans d'autres cas, au contraire, la contraction a dû intervenir toute seule, par exemple lorsqu'un même cristal d'olivine a été coupé en deux par l'une des fentes qui séparent les colonnes. On observe même quelquefois l'existence simultanée des deux modes de division qui ont produit successivement leurs effets. C'est le cas de la coulée de Chantignac, aux environs de Murols (Puy-de-Dôme), que j'ai photographiée en 1908 et qui a été reproduite dans les *Comptes rendus du Congrès de Clermont-Ferrand de l'Association française pour l'avancement des Sciences*.

En résumé, *la division des laves en colonnes prismatiques hexagonales est un cas particulier de la structure fibreuse* des roches et des corps solides. Elle a été produite, comme le croit M. R. Sosman, tantôt par les fentes dues à la contraction du solide pendant le refroidissement, tantôt par les tourbillons cellulaires que provoque dans la lave fondue la propagation de la solidification à partir de la croûte superficielle non prismée solidifiée la première.

MÉTÉOROLOGIE. — *La prévision des variations barométriques.* (Réponse à M. Gabriel Guilbert.) Note de MM. **L. Dunoyer** et **G. Reboul**.

Dans un récent numéro des *Comptes rendus* (t. 168, p. 1333), M. G. Guilbert s'élève contre les appréciations que nous avons données de sa *méthode de prévision du temps* (*Comptes rendus*, t. 168, p. 947). Pour justifier sa protestation, il cite un certain nombre de cas où la variation barométrique a coïncidé, d'une manière évidemment très remarquable, avec celle qu'il avait prévue.

Cette discussion sera close, en ce qui nous concerne, quand nous aurons dit que pour aucun lecteur non prévenu, si attentif soit-il, le moyen de prévoir avec autant de précision et de certitude la variation barométrique des 24 heures ne se trouve dans le livre de M. Guilbert intitulé *Nouvelle méthode*

de prévision du temps. Si M. Guilbert sait la manière de déduire, par opérations méthodiques rationnelles et enseignables, des précisions numériques telles, et exactes 9 fois sur 10, des règles inscrites dans son Ouvrage, il rendrait un service signalé à la Météorologie en la faisant connaître.

En attendant cette publication si désirable, nous pourrons considérer M. Guilbert comme doué d'une grande habileté personnelle dans la prévision du temps. Mais nous serons en droit, l'ayant essayée en toute bonne volonté, de considérer sa *méthode* comme inconsistante, d'accord en cela avec le météorologiste anglais bien connu W.-N. Shaw (1).

Ajoutons pour terminer que M. Guilbert se méprend s'il croit, comme cela semble résulter du début de sa Note, que les cas type sont nécessairement pour nous les cas de tempête. Une large zone de vents faibles au sol est, nous l'avons dit, signe de baisse s'ils sont sous-jacents à des vents plus forts dans les grandes altitudes. Quand ces vents de surface faibles réalisent en outre une configuration d'appel pour une dépression, c'est une deuxième probabilité de baisse qui s'ajoute à la première. Ce qui réalise le cas type, c'est justement, en l'espèce, l'étendue et la régularité de cette configuration.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la vitesse du vent dans la haute atmosphère par temps clair*. Note (1) de M. **Ch. Maurain**.

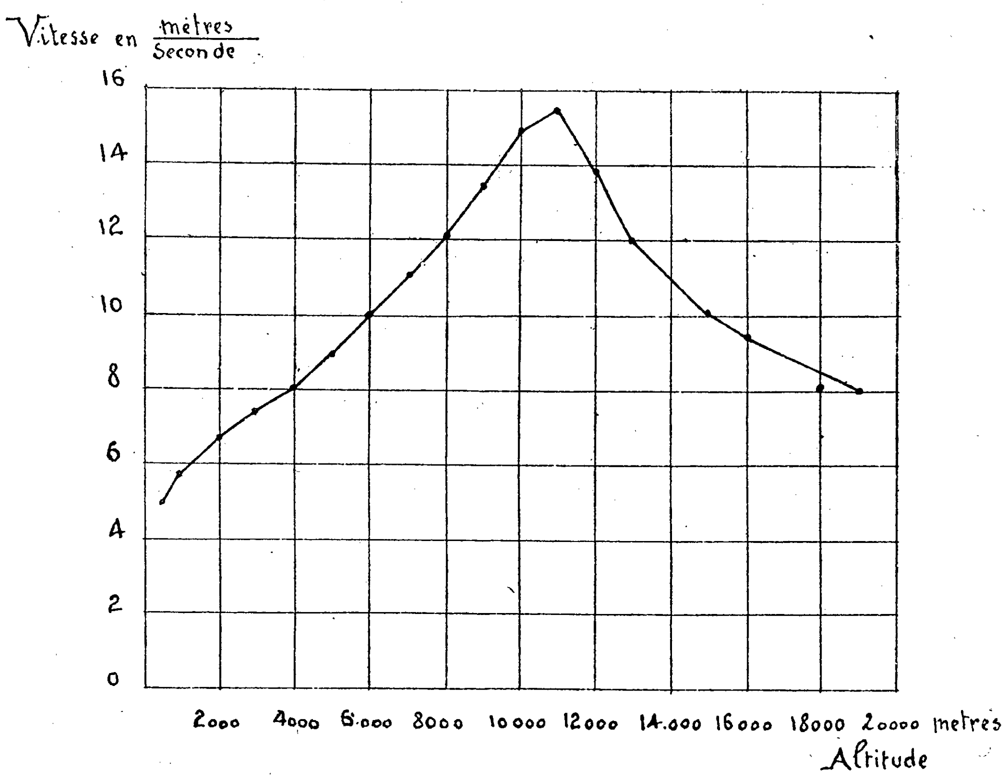
Les progrès de l'aviation rendent possible le vol à des altitudes de plus en plus grandes; il est intéressant d'être renseigné sur les vitesses des vents que les avions rencontreront dans les hautes régions. Jusqu'aux altitudes actuellement atteintes par les avions ou les ballons montés, la vitesse moyenne du vent croît avec l'altitude. Cave, dans l'important Ouvrage où il a exposé les résultats de ses observations par ballons-sondes à Ditcham Park (2), a déduit d'un petit nombre de sondages (onze) dans lesquels le ballon avait pénétré dans la stratosphère, que la vitesse du vent cesse de croître à la limite de la stratosphère et décroît à mesure que l'on s'élève dans cette zone à température sensiblement constante.

(1) Voir dans *Forecasting Weather* le Chapitre dans lequel W.-N. Shaw expose et apprécie les règles de Guilbert (Chapitre XIV, p. 313 à 329).

(1) Séance du 7 juillet 1919.

(2) C.-J.-P. Cave, *The Structure of the Atmosphere in clear weather*, Cambridge, 1912.

En vue de préciser cette variation, j'ai utilisé dans les Publications de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique toutes les ascensions de ballons-sondes ayant dépassé 10000^{m} et pour lesquelles les visées ont permis la mesure de la vitesse, du 1er janvier 1904 au 30 juin 1912; il y en a 192 (abstraction faite d'un très petit nombre faisant double emploi). Pour chacun de ces sondages a été tracé [1] le graphique repré-



Variation de la vitesse moyenne du vent avec l'altitude
dans 198 ascensions de ballons-sondes ayant dépassé 10000^{m}.

sentant la variation de la vitesse du vent avec l'altitude; sur les graphiques ont été relevées les vitesses correspondant à l'altitude de 500^{m}, de 1000^{m} et aux altitudes successives de 1000^{m} en 1000^{m}. A ces données ont été ajoutées celles de six ascensions effectuées à Ditcham Park et ne rentrant pas dans les ascensions internationales. On a pris les moyennes des vitesses correspondant, pour chaque altitude, aux différentes ascensions.

---

(1) Avec l'aide du Bureau de dessin de la Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions.

Ces moyennes portent ainsi sur 198 ascensions échelonnées de mois en mois sur 8 années et demie et réparties sur 30 stations (¹). Mais les déterminations deviennent naturellement de plus en plus rares à mesure que l'altitude croît, et d'ailleurs les observations font parfois défaut dans certaines parties d'une ascension, de sorte que les diverses moyennes proviennent d'un nombre variable de déterminations.

Dans le Tableau I sont données, pour chaque altitude, la vitesse moyenne obtenue, en mètres par seconde, et le nombre de déterminations dont cette valeur est la moyenne.

TABLEAU I.

Altitude (mètres) :	500.	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Vitesses moyennes (m : sec)..	4,94	5,70	6,57	7,47	8,11	8,86	9,94	11,10	12,21	13,52
Nombre des déterminations..	167	181	196	195	195	198	197	198	196	198
Altitude (mètres) :	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.	16000.	17000.	18000.	19000.
Vitesses moyennes (m : sec)..	14,90	15,57	13,76	11,87	10,91	10,05	9,44	9,36	8,12	8,04
Nombre des déterminations..	197	169	136	104	75	75	39	27	21	14

Au-dessus de 19000^{m}, le nombre des déterminations devient trop faible pour que prendre une moyenne ait quelque sens; onze séries de mesures seulement ont dépassé 20000^{m}, dont deux 25000^{m} et une seule 29000^{m}.

Le graphique ci-contre représente les résultats résumés dans le Tableau I. On voit que *la vitesse moyenne du vent déduite de ces sondages croît régulièrement, de manière à peu près linéaire, depuis* 5 m : sec *à l'altitude de* 500^{m}, *jusqu'à* 15,6 *à* 11000^{m}, *et décroît ensuite jusqu'à environ* 8 m : sec *à* 19000^{m}.

Le maximum de la vitesse moyenne correspond à environ 11000^{m}, ce qui est à peu près la limite inférieure moyenne de la zone à température sensiblement constante.

Parmi ces 198 sondages, il en est 11 dans lesquels a été observée une vitesse du vent supérieure à 40 m : sec, dont 2 dans lesquels la vitesse a dépassé 50; la plus grande valeur est 55, à 8700^{m}, observée à Pavie.

Les valeurs des vitesses moyennes obtenues sont notablement inférieures, pour les altitudes de 2000^{m} ou 3000^{m} à 10000^{m}, à certaines qui ont été

(¹) Strasbourg, 31; Zurich, 21; Lindenberg, 19; Ditcham Park, 16; Hambourg, 12; Ténériffe, 10; Copenhague, Ekatérinbourg et Pavie, 9; Vienne, 7; océan Atlantique, 6; Pawlowsk, 6; Batavia, Blue-Hill et Nijni-Œltchedaeff, 5; Uccle, 4; Koutchino, Milan et Tachkent, 3; Bergen, mer Caribique, Fuerteventura et Friedrichshafen, 2; Bracciano, Francfort, Le Caire, Munich, Pola, Tiflis et Trappes, 1.

indiquées antérieurement, en particulier à des valeurs déduites de l'observation des nuages; on doit remarquer, naturellement, que les déterminations utilisées ici correspondent à des conditions spéciales, celles d'un temps assez clair pour qu'on ait pu suivre le ballon jusqu'à ces grandes hauteurs.

A titre de comparaison entre les vitesses moyennes déduites d'ascensions qui ont permis des mesures jusqu'à une grande hauteur et celles déduites des autres ascensions, j'ai calculé les vitesses moyennes pour une même station (Ditcham Park), déduites :

1° De toutes les ascensions de ballons-sondes n'ayant pas donné de mesures au-dessus de 10000^m citées dans l'Ouvrage de Cave (183 au total). Ces moyennes sont données dans le Tableau suivant :

TABLEAU II.

Altitude (mètres) :	500.	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.
Vitesses moyennes (m : sec).	7,88	8,60	9,90	9,84	9,75	10,60	10,27	10,75
Nombre des déterminations.	182	183	144	110	74	46	22	10

2° Des 16 ascensions ayant fourni des mesures jusqu'au-dessus de 10000^m. Ces moyennes sont données dans le Tableau ci-dessous :

TABLEAU III.

Altitude (mètres) :	500.	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.
Vitesses moyennes (m : sec).	6,54	6,65	6,40	7,81	8,90	9,38	9,31
Nombre des déterminations.	13	15	16	16	16	16	16
Altitude (mètres) :	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.
Vitesses moyennes (m : sec).	10,64	11,40	14,15	12,60	12,91	13,31	9,10
Nombre des déterminations.	16	16	16	16	16	14	14

Les valeurs du Tableau II sont supérieures à celles du Tableau III correspondant aux mêmes altitudes; les différences s'atténuent, comme il est naturel, à mesure que l'altitude croît. Les deux variations sont d'allures assez différentes; les valeurs du Tableau III proviennent d'ailleurs d'un nombre de déterminations trop faibles pour constituer des moyennes satisfaisantes.

MÉTÉOROLOGIE. — *La vitesse ascensionnelle des ballons-pilotes.* Note de M. **J. Rouch.**

Les sondages aérologiques par ballons-pilotes à un seul théodolite sont basés sur le principe suivant : un ballon de caoutchouc gonflé d'hydrogène a une vitesse constante.

Nous avons fait pendant la guerre de nombreuses expériences pour vérifier la constance de la vitesse ascensionnelle, et pour déterminer cette vitesse en fonction du poids du ballon et de la force ascensionnelle du départ.

I. *Constance de la vitesse ascensionnelle.* — Nos expériences portent sur 168 sondages exécutés à deux théodolites. Les ballons employés sont des ballons de caoutchouc de 50^g auxquels on donne, au départ, une force ascensionnelle de 150^g. La vitesse ascensionnelle moyenne observée est de 188^m à la minute.

Le Tableau suivant donne, pour chaque couche de 1000^m, les vitesses ascensionnelles moyennes en mètres par minutes ainsi que la fréquence d'écarts de vitesse par rapport à la vitesse moyenne de chaque couche.

	Nombre d'observations.	Vitesse ascensionnelle moyenne.	Nombre d'écarts inférieurs à $\frac{1}{10}$.	compris entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{2}{10}$.	compris entre $\frac{2}{10}$ et $\frac{3}{10}$.	supérieurs à $\frac{3}{10}$.
De 0ᵐ à 1000ᵐ...	168	198ᵐ	98	46	14	10
1000 à 2000...	164	184	141	21	1	1
2000 à 3000...	122	184	105	16	1	0
3000 à 4000...	71	186	60	10	1	0
4000 à 5000...	28	186	22	4	1	1
5000 à 6000...	11	188	11	0	0	0
6000 à 7000...	9	190	7	2	0	0
7000 à 8000...	4	196	4	0	0	0
8000 à 9000...	3	198	3	0	0	0
9000 à 10000...	2	194	2	0	0	0

Au-dessus de 6000^m le nombre des expériences est très faible, mais aucune observation ne donne des écarts supérieurs à $\frac{2}{10}$ de la vitesse.

Il est donc parfaitement légitime d'admettre que la vitesse ascensionnelle d'un ballon-pilote est pratiquement constante jusqu'à une dizaine de kilomètres de hauteur.

II. *Courants verticaux de l'atmosphère.* — Dans les 1000 premiers mètres, des courants ascendants importants augmentent sensiblement la vitesse ascensionnelle. Ces courants verticaux, dus aux mouvements de convection, se manifestent surtout pendant le jour.

En groupant les sondages suivant les différentes heures de la journée, la vitesse ascensionnelle a les valeurs suivantes :

	8h à 10h.	10h à 12h.	12h à 14h.	14h à 16h.	16h à 18h.	18h à 22h.
De 0m à 400m....	212m	240m	236m	232m	188m	182m
400 à 800....	180	202	202	203	194	174
800 à 1200....	180	190	190	192	188	170
1200 à 1600....	186	180	190	188	180	168
1600 à 2000....	180	184	188	186	182	176

Les courants ascendants se font sentir vers le milieu de la journée avec le plus de force, mais ils ne dépassent pas en moyenne l'altitude de 800m.

III. *Formule donnant la vitesse ascensionnelle.* — Divers auteurs ont proposé des abaques ou des formules pour déterminer la vitesse ascensionnelle V en fonction du poids du ballon P et de la force ascensionnelle au départ F.

Une formule bien connue est celle de M. Dines, $V = 84\frac{F^{\frac{1}{2}}}{(F+P)^{\frac{1}{3}}}$, où V est exprimé en mètres par minutes et F et P en grammes. Cette formule a été vérifiée par de nombreuses expériences faites à l'aide de ballons pesant moins de 20g.

Elle ne nous a pas paru pouvoir s'appliquer aux ballons-pilotes que nous employons généralement en France et qui pèsent 50g et 91g environ.

Avec la collaboration de M. Parrot, nous avons étudié plus de 200 sondages à 2 ou 3 théodolites faits à l'aide de ballons de 50g ou de 91g en faisant varier la force ascensionnelle.

Nous avons proposé la formule

$$V = 42\frac{F}{(F+P)^{\frac{2}{3}}} \quad (^1)$$

qui s'accorde avec nos expériences.

---

(1) La formule de Dines peut s'établir théoriquement en partant de l'hypothèse de la proportionnalité de la résistance de l'air au carré de la vitesse. Pour établir la formule que nous proposons il faut admettre que la résistance de l'air est proportionnelle à la vitesse. Cette dernière hypothèse paraît acceptable, étant donné que les vitesses envisagées sont très faibles (de l'ordre de 3m à 4m par seconde).

Cette formule est sensiblement différente de la formule de Dines, les deux formules ne donnant la même vitesse que si l'on a

$$P = \frac{F^{\frac{3}{2}} - 8F}{8}.$$

Pour s'accorder avec les expériences que nous avons faites avec les ballons de 91^g il faudrait que le coefficient de la formule de Dines ait une valeur voisine de 120.

A notre avis, la formule de Dines, établie d'après des expériences faites sur des petits ballons, convient pour des ballons d'un poids inférieur à 20^g. Pour des ballons plus gros et jusqu'au poids de 100^g, la formule

$$V = 42 \frac{F}{(F+P)^{\frac{2}{3}}}$$

paraît donner une meilleure valeur de la vitesse, surtout quand la force ascensionnelle est assez grande.

Si l'on se sert de ballons d'un poids supérieur à 100^g, il sera utile de déterminer la vitesse ascensionnelle au moyen de nouvelles expériences.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le chancre bactérien du peuplier* (Micrococcus Populi). Note de M. **Robert Régnier**, présentée par M. Mangin.

Parmi les nombreuses maladies auxquelles sont sujets les peupliers aussi bien d'ornementation que d'exploitation, une d'entre elles a retenu plus vivement l'attention ces dernières années, vu l'importance de ses ravages : c'est le *Dothichiza populea* dont M. Prunet, professeur à Toulouse, dans un certain nombre de travaux, a dénoncé la gravité. La propagation de cette maladie menace en effet toute la culture du peuplier Caroline dans la vallée de la Garonne.

En 1906, G. Delacroix décrivait une affection non moins redoutable du même arbre, présentant des symptômes qui ont pu la faire prendre un certain temps pour le *Dothichiza*; il n'y en a pas moins là un véritable chancre à génèse toute différente. Delacroix attribue la maladie à une petite bactérie de forme arrondie et à éléments isolés : le *Micrococcus Populi*.

Bien que les travaux d'Erwin Smith aient réduit le nombre des maladies bactériennes décrites par Delacroix, nous admettrons avec lui, jusqu'à preuve

du contraire, qu'il s'agit bien ici du *Micrococcus*. Mes observations, commencées en 1913, ont porté principalement sur l'évolution du chancre, l'étendue des ravages et les agents de dissémination. Elles m'ont permis de constater qu'en fait, dans la nature, les choses ne se passent pas toujours ainsi que l'a décrit Delacroix. La différence d'interprétation provient sans doute de ce qu'il eut dans ce cas plus recours à la méthode d'expérimentation qu'à celle d'observation.

Le chancre attaque indifféremment les rameaux, les tiges des jeunes plants et les troncs des arbres beaucoup plus âgés. Deux cas peuvent se présenter : celui où le parasite est introduit par une lésion profonde, blessure causée par un insecte ou traumatisme quelconque; dans ce cas il se forme les bourrelets caractéristiques décrits par Delacroix. Dans le second cas, il n'y a pas de lésion apparente ou du moins pas de blessure profonde : la maladie passe alors par un certain nombre de phases qu'on peut arbitrairement réduire à cinq.

Évolution du chancre. — Le chancre ou plus simplement la maladie du peuplier, comme on la nomme dans le Nord, débute par une affection profonde de l'écorce, qui se manifeste extérieurement d'abord par des taches jaunâtres et oblongues, puis au bout d'un certain temps par un léger renflement; en coupe, le parenchyme cortical présente au voisinage même du péricycle un point rouge qui ne tarde à former tache.

La seconde phase est marquée par le développement parfois considérable du renflement : par suite de la tension l'écorce éclate, l'accroissement du renflement étant en raison directe de l'extension interne de la tache rouge qui atteint les éléments du liber d'abord, ceux du bois ensuite.

Le renflement paraît être dû au fonctionnement intensif de l'assise génératrice sous l'action directe du parasite et par réaction de la plante attaquée. La partie mise à nu subit un commencement de subérisation.

A la phase suivante, sous le contact direct de l'air, le renflement gorgé de sels minéraux et de substances nutritives, milieu extrêmement favorable au développement du parasite, ne tarde pas à se déprimer dans sa partie médiane.

La quatrième phase est une phase d'écoulement qui a son siège dans la partie centrale déprimée, qui se creuse. Il n'est pas rare de voir dans les chancres des troncs les sels minéraux venir se déposer sur les lèvres de la plaie; c'est au cours de cette phase qu'on voit se former les bourrelets de cicatrisation dont parle Delacroix. L'écoulement, très fort au printemps où la végétation se réveille, diminue peu à peu jusqu'à devenir nul.

La cinquième phase, celle de dessiccation, entraîne généralement la mort du rameau attaqué ou la dégénérescence de la plante, si la tige se trouve affectée. Dans le cas de gros chancres sur le tronc des arbres âgés, la plaie présente entre les bourrelets plissés, rongés par le mal, une ouverture béante au fond de laquelle le renflement, réduit à

l'état de sciure noirâtre et putride, sert de repaire à des saprophytes de toute nature, à des larves d'insectes, voire même à des cloportes et à des vers.

Ravages. — Dans tous les cas, les ravages sont très importants; les jeunes arbres (jusqu'à dix ans) sont voués tôt ou tard à une mort certaine et deviennent un foyer d'infection pour ceux qui les environnent; les plus âgés résistent d'autant mieux qu'ils sont plus gros, mais s'ils sont touchés par le tronc, leur valeur en est, sinon totalement annihilée, du moins considérablement diminuée; à peine peut-on utiliser le bois pour faire des caisses d'emballage grossières ou pour le chauffage.

Là où le mal sévit, il progresse avec une rapidité relativement grande. Je citerai, par exemple, le cas de deux plantations de 2000 peupliers chacune, situées l'une dans la région de Chauny, l'autre dans celle de Noyon; tous les arbres furent atteints en moins de dix ans, malgré les précautions prises par leurs propriétaires, qui faisaient abattre successivement ceux qu'ils trouvaient contaminés. J'ai vu dans la vallée de la Verse (affluent de l'Oise) une plantation d'une trentaine d'années, située dans un fond légèrement marécageux et favorable à la culture de la Caroline, dont 73 sujets sur 121 étaient atteints par le chancre; de 51 cubant moins d'un stère, 13 seulement étaient indemnes, les autres atteints à des degrés divers; des 70 autres cubant plus d'un stère, 18 présentaient des chancres de tronc et 17 des chancres de rameaux; 29 cubant plus de deux stères, en bordure de plantation, avaient bien résisté ou ne présentaient que des chancres de rameaux.

En résumé, des diverses observations faites sur le terrain, deux points sont à retenir : le chancre, sous quelque forme qu'il se présente, est pernicieux pour l'arbre attaqué; mais il l'est d'autant plus que le sujet est plus jeune, les chancres des rameaux n'intéressant les gros arbres que comme foyers de contamination.

Agents de dissémination. — C'est sur ce sujet qu'ont porté surtout mes dernières recherches; elles m'ont montré le rôle important joué par les insectes. Delacroix signale déjà le cas du *Saperda populnea*, j'y ajouterai les Sésies, divers Microlépidoptères dont la *Gypsonoma aceriana* et enfin une Cicadelle (*Idiocerus populi*), dont je me propose d'exposer prochainement la biologie.

Moyens préventifs. — Lorsqu'il s'agit d'arbres à hautes tiges, comme les peupliers, il est préférable de parler de moyens préventifs plutôt que de traitement. Pratiquement ils porteront sur quatre points :

1° Le choix des boutures, et si possible leur désinfection;

2° La situation des pépinières loin des foyers d'infection;

3° L'élimination régulière et la destruction par le feu de toutes les parties malades, l'exploitation des peupliers atteints d'un chancre de tronc;

4° La destruction des parasites du peuplier, agents de dissémination.

Mais, à mon avis, les efforts devraient se porter principalement vers la recherche de variétés de Caroline plus résistantes au chancre, c'est du reste dans cette voie que travaillaient en 1914 plusieurs pépiniéristes de la vallée de l'Oise.

Expansion de la maladie. — Dans la vallée de l'Oise, on m'a déclaré y connaître le chancre depuis 1880 environ. Il y aurait été introduit par des plants venant de la vallée de l'Ourcq, où il est très fréquent. On le rencontre également dans les vallées de la Somme, de l'Aisne et du Grand-Morin. Il constitue un véritable fléau dans celle de l'Oise et les vallées adjacentes (Verse et Ailette) depuis le nord de Chauny jusqu'à la lisière nord-ouest de la forêt de Laigue.

Contrairement à ce qu'écrivait Delacroix, le chancre s'attaque aussi bien aux plantations des vallées humides qu'à celles des terrains se desséchant facilement.

La guerre, en ravageant certains foyers comme celui de l'Oise, aura-t-elle réussi à enrayer le mal, l'avenir le dira; mais nous ne saurions trop recommander aux cultivateurs de surveiller leurs pépinières et leurs plantations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mécanisme de l'action toxique de l'uréase.* Note [1] de MM. **P. Carnot** et **P. Gérard**, présentée par M. F. Widal.

Pour étudier comparativement les actions chimiques et biologiques de certaines diastases, *in vitro* et *in vivo*, nous avons choisi l'uréase du soja. On connaît, en effet, *in vitro*, l'intense action hydrolysante, sur l'urée, de la farine de soja; nous avons démontré, d'autre part (*Soc. Biol.*, 12 avril 1919), *in vivo*, son action toxique très grave, caractérisée par un syndrome cérébral de convulsions tétaniformes, puis de coma, entraînant rapidement la mort. Nous allons établir que pareil syndrome toxique est lié à la disparition précoce de l'urée et à l'accumulation de l'ammoniaque ainsi produit, dans le sang et les tissus (notamment le foie et le cerveau). L'intoxication par le soja est donc une intoxication ammoniacale dont on peut suivre avec beaucoup de précision le mécanisme chimique.

Voici, à titre d'exemple, entre beaucoup d'expériences, quelques faits numériques caractéristiques :

a. Injections intraveineuses. — Après injection intraveineuse, les phénomènes toxiques débutent rapidement par des contractions, puis des crises tétaniformes : le coma s'installe et la mort survient en quelques heures.

---

[1] Séance du 7 juillet 1919.

Un chien de 8kg,900 reçoit, dans la veine fémorale, 60cm³ d'une macération de farine de soja à 10 pour 100 filtrée, dont 1cm³ produit 16mg de $N.NH^3$ en une heure à 37° aux dépens de 5cm³ d'une solution d'urée à 1 pour 100. Les premières contractions apparaissent 20 minutes après la fin de l'injection (qui a duré 10 minutes); de grandes crises tétaniformes, avec opisthotonos et emprosthotonos alternés, avec contractions transitoires du diaphragme, avec contractures spasmodiques des membres en extension, se produisent de 5 minutes en 5 minutes, cependant que des périodes de coma s'intercalent entre ces crises. Une heure trois quarts après l'injection, l'animal meurt, ayant une température anale de 43°,5 qui persiste une demi-heure après la mort. A l'autopsie, on trouve un cœur en systole, un sang noir incoagulé, des organes congestionnés (notamment le cerveau, ponctué de petites taches hémorragiques).

Le sang, analysé avant l'injection, contenait 128mg d'urée par litre (méthode au xanthydrol de Fosse), ce qui représente 59mg de N uréique, et contenait seulement 0mg,7 de $N.NH^3$ par litre.

Une deuxième prise de sang, faite 20 minutes après la fin de l'injection, montre *une disparition totale de l'urée du sang*, le taux de $N.NH^3$ étant monté à 57mg par litre (ce qui représente exactement le chiffre de N uréique initial).

Une troisième prise de sang, faite 40 minutes après l'injection, donne sensiblement les mêmes chiffres.

Une quatrième prise de sang, faite 1 heure trois quarts après l'injection, au moment même de la mort, donne un taux de 75mg,3 de $N.NH^3$ dans le sang, cependant qu'*on n'y peut déceler la moindre trace d'urée* par le xanthydrol.

Le cerveau contient 204mg de $N.NH^3$ par kilogramme, le foie 161mg.

Ces chiffres très élevés de $N.NH^3$, de même que le type physiologique de l'intoxication, nous permettent de conclure *à la mort par ammoniémie, après disparition totale de l'urée du sang*.

Dans d'autres expériences, nous avons constaté, par contre, après une phase initiale de disparition totale de l'urée, la réapparition de ce corps : ceci tient probablement à une transformation réversive ultérieure de l'ammoniaque en urée, au niveau du foie :

Un chien, ayant 95mg d'urée par litre avant l'injection, en a 0mg après 30 minutes, 0mg après 2 heures, 0mg après 2 heures 30 minutes; après 3 heures 30 minutes, au moment de la mort, on note la réapparition de traces d'urée indosables.

Un autre chien, ayant avant l'injection 278mg d'urée par litre de sang et dont l'urée sanguine est tombée à 0mg après 30 minutes, a, de nouveau, 90mg d'urée au bout de 1 heure et 278mg après 2 heures, ce qui ne l'empêche pas de mourir avec le syndrome habituel.

Cette différence de réapparition est due, vraisemblablement, à une différence d'intensité des deux ferments antagonistes, urolytique (soja) et uropoietique (foie).

Nous avons, systématiquement, recherché l'uréase dans l'organisme et

l'avons mise en évidence dans le sang et le foie : elle n'a pas été retrouvée dans les autres organes; 24 heures après la mort, le sang du chien, injecté de macération de soja, conserve une forte action urolytique.

b. Injections sous-cutanées. — Les phénomènes toxiques sont moins brutaux : il n'y a pas de crises tétaniformes; le chien devient triste, puis inerte; il meurt, après une phase de coma progressif, en moins de 48 heures.

Un chien de 10^{kg} reçoit, en injection sous-cutanée, 80^{cm^3} d'une macération de soja (dont 1^{cm^3} produit en 1 heure, à 37°, $8^{mg},4$ de $N.NH^3$ par litre). Le sang de ce chien contient, avant l'injection, 190^{mg} d'urée et $0^{mg},3$ de $N.NH^3$ par litre. Deux heures après, il contient 121^{mg} d'urée et $1^{mg},5$ de $N.NH^3$ par litre. 24 heures après, il ne contient plus que 84^{mg} d'urée; son taux ammoniacal atteint $4^{mg},7$ par litre.

Le chien meurt 42 heures après l'injection : le sang contient alors une *forte proportion d'urée* (570^{mg}) *et d'ammoniaque* (75^{mg} $N.NH^3$). Le cerveau contient 126^{mg} $N.NH^3$ par kilogramme; le foie 150^{mg}, le muscle 84^{mg}, le poumon 129^{mg}.

L'ammoniémie s'établit donc comme après l'injection veineuse, mais avec plus de lenteur : d'où le retard de la mort. Il peut, d'autre part, y avoir réapparition d'une forte proportion d'urée dans le sang.

L'ammoniurie ne nous a pas donné de chiffres concluants, ce qui tient, en partie, aux troubles profonds de la diurèse.

Conclusions. — 1° La toxicité de la farine de soja, en injections veineuses ou sous-cutanées, est bien due à l'action de l'uréase qu'elle contient : car les macérations, inactivées par chauffage à 93°, ou par précipitations successives à l'acétone, ne sont plus toxiques.

2° L'action toxique de l'uréase, caractérisée par des contractures tétaniformes et du coma rapidement mortel, s'explique par l'action chimique de ce ferment.

L'urée disparaît très vite et entièrement du sang et du foie : elle peut réapparaître plus tard. L'ammoniaque augmente progressivement dans le sang et les organes.

3° Les phénomènes d'intoxication cérébrale semblent dus à la localisation, sur le cerveau, de l'ammoniaque, celle-ci étant produite *in vivo*, comme *in vitro*, par action de l'uréase sur l'urée du sang et des tissus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation de l'acide cyanique par oxydation des substances organiques. Son identification basée sur l'analyse quantitative.* Note de M. R. Fosse, présentée par M. E. Roux.

1. L'étude du mécanisme de la formation artificielle de l'urée par oxydation des principes naturels nous a conduit à considérer comme termes transitoires, précurseurs de ce corps : l'*acide cyanique* et deux autres substances unicarbonées, auxquelles on attribue un rôle capital dans les synthèses chez les végétaux, l'*acide cyanhydrique* et l'*aldéhyde formique :*

$$CH^2O \xrightarrow{+NH^3+O} CNH \xrightarrow{+O} CONH \xrightarrow{+NH^3} CO(NH^2)^2.$$

Nous avons établi que l'oxydation des substances organiques engendre un corps intermédiaire, produisant spontanément l'urée.

Les solutions de protéiques, seuls ou additionnés de glucose, les solutions ammoniacales d'acides aminés, de glycérine, d'hydrates de carbone ou d'aldéhyde formique qui, après oxydation, renferment peu ou point d'urée, en produisent avec abondance par simple chauffage, tout comme le cyanate d'ammonium dans l'expérience de Wöhler (¹):

$$CON.NH^4 \rightarrow CO\begin{matrix}\diagup NH^2\\ \diagdown NH^2\end{matrix}.$$

Quoique ces solutions manifestent toutes les réactions connues de l'acide cyanique, nous avons cru nécessaire de démontrer indiscutablement son existence par le plus sûr des critériums, l'analyse quantitative, à cause de l'importance de cette synthèse, de ses conséquences et des nombreuses expériences vainement tentées jusqu'ici pour la réaliser.

2. L'isolement et l'analyse, sous forme de sel de plomb, de l'acide cyanique dissous ne sont réalisables que si l'on peut éliminer complètement au préalable toute substance étrangère donnant une combinaison plombique insoluble, puisque le cyanate de plomb, décomposable par l'eau chaude, ne peut être purifié par cristallisation. Ce procédé est donc d'application assez restreinte.

Nous avons réussi à établir une méthode très simple, permettant d'obtenir à l'état de sel d'argent pur à l'analyse de petites quantités d'acide

(¹) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 320, 908, 1164.

cyanique, mêlé à des substances minérales ou organiques dans un important volume de solution.

Préparation du cyanate d'argent. — La liqueur résultant de l'oxydation, neutralisée *presque* complètement par NO^3H dilué, additionnée de NO^3Ag, abandonne un précipité floconneux, qu'on essore et lave à la trompe. Par traitement à l'eau bouillante, une partie de celui-ci se dissout tandis que l'autre reste insoluble et brunit. Le filtrat laisse apparaître par refroidissement de petits cristaux blancs, chatoyants, caractéristiques au microscope, généralement purs après une seule cristallisation.

Analyse du cyanate d'argent. — 1^{mol} de ce sel, chauffée avec NH^4Cl produit 1^{mol} d'urée et de Ag Cl. On place au bain-marie, 1 heure vers 92°, poids égaux de sel d'argent et de NH^4Cl ($0^g,10$ à $0^g,15$), dissous dans 10^{cm^3} d'ammoniaque. La pellicule de Ag Cl, délayée dans l'eau acétifiée, est reçue sur creuset de Gooch taré. Vase et précipité sont lavés avec quantité d'eau suffisante pour former un volume exactement mesuré (50^{cm^3}, 100^{cm^3} au maximum). On dose l'urée sur une partie aliquote de la liqueur (10^{cm^3} à 20^{cm^3}) et l'argent sous forme de chlorure, par augmentation de poids du creuset.

Identification de l'acide cyanique formé par oxydation des substances organiques. Analyse du sel d'argent cristallisé dans l'eau :

Proportion des facteurs de l'oxydation.

Substances oxydées. Noms.	Poids ou volume.	H^2O.	NH^3.	MnO^4K.
	g	cm³	cm³	g
Glucose	1	10	10	10
Glycérine	1	»	50	10
Glycocolle	1	10	10	7
Sérum + Glucose	20^{cm^3} / $6^g,4$	»	»	74

Analyse du sel d'argent.

Matière.	Ag Cl.	Ag pour 100. Théorie : 72g, trouvé :	$CO\left[NH.CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O\right]^2$.	$CO(NH^2)^2$ pour 100g sel d'Ag. Théorie : 40g, trouvé :
g	g	g	g	g
0,1146	0,1094	71,84	0,3125	38,95
0,0097	0,0092	71,38	0,2656	39,11
0,0117	0,1105	71,14	»	»
0,1333	0,1265	71,52	»	»
0,1508	»	»	0,423	40

3. La formation de ce dérivé du cyanogène par oxydation, en milieu

aqueux, des matières carbonées, autres que l'acide cyanhydrique, est absolument nouvelle.

Gorup Besanez, cité par Drechsel ([1]), dit qu'en saturant par un acide la solution alcaline de leucine oxydée par l'ozone, il a cru reconnaître au premier moment de l'effervescence l'odeur de l'acide cyanique, mais qu'il n'a pas réussi à démontrer sa présence par une réaction. Il n'existe pas de preuves, conclut Drechsel, de la formation d'acide cyanique aux dépens des substances organiques par oxydation à l'état dissous et à la température du corps humain.

Halsey ([2]) aboutit à un résultat négatif en cherchant à obtenir le même corps par oxydation du glycocolle, de l'acide oxamique et de la formiamide.

Dans aucune des trois séries d'expériences d'oxydation du glycocolle qu'il a instituées, Eppinger ([3]) n'a pu déceler l'acide cyanique.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *De la persistance variable des impressions lumineuses sur les diverses régions de la rétine.* (Réponse à une objection.) Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Yves Delage.

A la suite de la publication de notre Note sur la persistance variable des impressions lumineuses ([4]), il nous a été objecté que nos observations pourraient être influencées par ce fait que la persistance est fonction inverse de l'intensité lumineuse. Puisque la fovéa est un peu moins sensible que les parties voisines de la rétine, la persistance y serait donc, par suite, plus grande.

Nous n'avions pas cru devoir nous arrêter à cette interprétation, car le phénomène décrit ne nous paraissait cadrer avec elle ni par son intensité, ni par sa répartition sur la rétine. Mais, pour montrer que la cause d'erreur citée plus haut ne saurait être retenue, nous indiquerons les points suivants :

1° On regarde normalement, comme il a été dit dans notre Note, une plage éclairée par une lampe à incandescence ordinaire à filament métal-

---

([1]) Drechsel, *Journ. f. pr. Chem.*, t. 22, 1880, p. 476.

([2]) Halsey, *Zeits. f. phys. Chemie*, t. 25, 1898, p. 323.

([3]) Eppinger, *Beiträge zu chem. Phys. u. Path.*, t. 6, 1905, p. 481.

([4]) Paul Woog, *De la persistance variable des impressions lumineuses sur les diverses régions de la rétine* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1222).

lique, alimentée par du courant à 25 périodes, de telle manière qu'on ne perçoive pas de scintillement; puis, au moment où, déplaçant l'œil, la vision vient à s'exercer par les régions périphériques de la rétine, on place un écran absorbant translucide sur le trajet des rayons lumineux. Dans ces conditions, l'affaiblissement, même très notable, de l'intensité du faisceau, ne trouble en rien la perception du papillottement.

2° Le papillottement, qui apparaît dès qu'on écarte le rayon visuel de la zone de 9° qui délimite la fovéa, augmente d'une façon continue au fur et à mesure que l'image se forme sur une partie de la rétine plus éloignée du centre; ce papillottement devient intense quand on atteint la région périphérique.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Relation entre l'état électrique de la paroi de la cellule et sa perméabilité à un ion donné.* Note (1) de M. **Pierre Girard**, présentée par M. Delage.

Dans une Note précédente (2) nous montrions que l'état de polarisation d'un septum séparant de l'eau pure une solution d'un sel dissocié lui conférait du même coup la propriété remarquable d'être inégalement perméable aux deux ions de ce sel. Si nous transposons ce schème à la cellule vivante, l'analogue du septum polarisé est la différence de potentiel dont est le siège la paroi de la cellule séparant du milieu de suspension le liquide endoplasmique.

Or il est relativement facile, par simple application des lois de l'électrisation de contact, de modifier à notre gré l'état électrique de cette paroi. Nos recherches ont surtout porté sur les hématies.

Dans une solution neutre, isotonique au sérum, le déplacement de la cellule vers l'anode témoigne du signe des charges (négatives) fixées par la paroi. Une suffisante concentration en ion H^+ dans la solution inversera le signe de ces charges qui deviennent positives. L'inversion s'obtient très aisément, et pour une faible acidité, dans une solution de saccharose; beaucoup plus difficilement dans une solution acidulée de NaCl à 9 pour 1000; la fixation des ions H^+ par la paroi globulaire n'est cependant pas douteuse; l'abaissement de l'acidité de la solution, allant jusqu'à la neutralité après centrifugation de l'émulsion, en témoigne. Mais il convient de faire intervenir les forces d'affinité capillaire qui s'exercent à petite distance entre la paroi et les ions du milieu et qui entraînent la formation d'une couche triple (Gouy) (3).

---

(1) Séance du 7 juillet 1919.

(2) *Comptes rendus,* t. **168**, 1919, p. 1335.

(3) *Comptes rendus*, t. **130**, 1900, p. 939.

La présence, dans le milieu de suspension, d'ions positifs trivalents comme La^{+++} ou Ce^{+++} décharge la paroi négative. Enfin, une légère alcalinité du milieu (ions OH^{-}) accroît la densité de ces charges négatives, ainsi qu'en témoigne l'accroissement de mobilité dans le champ, proportionnellement à la densité de la couche double, que fait prévoir, dans ce cas, la théorie de Gouy.

L'état électrique de la cellule, modifiable comme nous le voyons à notre gré, étant défini par le signe et la densité des charges fixées par la paroi, existe-t-il entre cet état électrique et la perméabilité de la cellule vis-à-vis des ions des deux signes présents dans le milieu une relation démontrable? Les faits qui vont suivre établissent seulement pour un ion donné, l'ion Cl, la réalité d'une telle relation; notre démonstration n'est donc que partielle.

I. En suspension dans une solution de NaCl à 9 pour 1000, les hématies soumises à l'action d'un champ se déplacent vers l'anode et leur mobilité est de 5^{μ} par seconde. Dans un tel milieu, les hématies n'absorbent ni n'émettent de Cl (¹).

II. Il en va tout autrement dans un milieu chloruré acide (acide lactique). Il faut tenir compte ici de ce que les globules se gonflent.

Si nous appelons C^1 ce que serait la teneur en Cl d'un centimètre cube de la solution chlorurée originelle de volume V, si V s'était contracté d'une quotité égale à l'accroissement du volume des globules; et C^2 la teneur en Cl d'un centimètre cube de la solution chlorurée après centrifugation de l'émulsion $C^1 - C^2$ représentera la variation de la teneur en Cl du milieu correspondant à l'absorption ou à l'émission d'ions Cl par les hématies.

La moyenne d'un très grand nombre de déterminations donne pour $C^1 = 6^{mg},3$ de Cl et pour $C^2 = 2^{mg},2$ et $C^1 - C^2 = 4^{mg},1$. Cette perméabilité au Cl des globules du sang en milieu chloruré-acide, divers auteurs, Hamburger en particulier, l'ont depuis longtemps décrite; la seule explication qui en a été fournie (par Hamburger) fait intervenir uniquement le gradient de concentration en ions Cl entre le milieu de suspension et le milieu endoplasmique dilué par endosmose; cette explication est inadmissible; il résulte en effet de nos chiffres, qu'en tenant compte de l'accroissement du volume globulaire et de la teneur en Cl sous forme de KCl du liquide cytoplasmique, la concentration en ions Cl à l'intérieur du globule, devient égale à trois fois ce qu'elle est dans le milieu de suspension.

(¹) Nous dosions le Cl par la méthode de Dutoit : détermination des points de rebroussement des courbes de conductivité.

Pour une concentration égale des ions H^+ dans ce milieu (même acidité de la liqueur au tournesol), les lois de l'électrisation de contact nous font prévoir qu'une valence élevée du radical négatif de l'acide paralysera, plus ou moins selon sa valence, l'effet électrique de ces ions H^+ sur la paroi; corrélativement, dans une solution chlorurée additionnée d'acide citrique (trivalent), la perméabilité des globules aux ions Cl, notable encore, sera beaucoup plus faible. En tenant compte de l'endosmose globulaire, les valeurs moyennes que nous avons obtenues sont respectivement $C^1 = 5^{mg},8$ et $C^2 = 3^{mg},8$; $C^1 - C^2 = +2^{mg}$, au lieu de 4 que donne l'acide lactique.

III. L'action des ions trivalents positifs comme La^{+++} et Ce^{+++} est d'annuler les charges négatives de la paroi globulaire. L'hématie reste immobile dans le champ; dans ces conditions, l'endosmose globulaire plus petite qu'en milieu acide reste encore importante, ce qui tendrait à prouver que chez une cellule normale à parois négatives le liquide endoplasmique est non pas isotomique mais assez fortement hypertonique au milieu de suspension; un équilibre s'établirait entre le courant endosmotique qu'entraîne le rapport des concentrations moléculaires dans ce milieu et dans le liquide endocellulaire, et le courant exosmotique que conditionnent les facteurs électriques que nous avons décrits [1]. La cellule dont la paroi est déchargée par les ions La^{+++} ou Ce^{+++} se gonfle donc; mais la valeur sensiblement nulle de la différence $C^1 - C^2$ ($C^1 = 5^{mg},7$ et $C^2 = 5^{mg},6$) établie comme précédemment en tenant compte de l'endosmose globulaire montre qu'il n'y a pas cette fois d'effet sélectif de la paroi vis-à-vis du Cl; le globule s'est enrichi en Cl dans la proportion où s'est accru son volume ($\frac{1}{3}$ environ), mais c'est la solution chlorurée avec sa concentration originelle en Cl qui a filtré à travers la paroi neutre.

IV. La présence dans une solution chlorurée d'une petite quantité d'un sel alcalin non toxique (K^2CO^3) a pour effet, nous l'avons dit déjà, d'accroître la densité des charges négatives des hématies. Leur mobilité pour une concentration 1 pour 1000 en K^2CO^3 passant de 5^{μ} à 7^{μ} seconde.

Dans ces conditions, le globule se contracte; la variation de son volume est de $\frac{1}{7}$ environ et la valeur de $C^1 - C^2$, en tenant compte de cette variation, devient cette fois négative ($C^1 - C^2 = -0^{mg},4$). Le globule excrète du Cl. Il est aisé de réaliser la même contraction globulaire en addi-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1401.

tionnant la solution chlorurée de saccharose ($0^g,250$ par centimètre cube). Dans ces conditions, l'abaissement de la concentration en Cl du milieu de suspension après centrifugation de l'émulsion correspond exactement à la dilution résultant de la contraction globulaire. Les globules n'ont excrété que de l'eau et pas de Cl.

In vivo dans le plasma circulant, les ions qui sont capables de modifier sa réaction et l'état électrique de la paroi globulaire sont les ions H^+ de l'hydrate carbonique. Les comparaisons devront donc se faire entre le sang artériel d'une part, et d'autre part le sang veineux ou asphyxique.

Or, il est connu depuis longtemps (V. Limbeck) que dans le sang veineux, le volume des globules est supérieur à ce qu'il est dans le sang artériel; la densité du plasma s'accroît et sa teneur en Cl diminue (Hamburger); les globules drainent le Cl.

Inversement, l'injection intra-veineuse de carbonates alcalins a pour effet de diminuer le volume globulaire, la densité du plasma diminue et sa teneur en Cl augmente. Les globules excrètent du chlore.

EMBRYOGÉNIE. — *L'intersexualité chez un Crustacé Cladocère :* Daphne Atkinsoni *Baird*. Note de M. **R. de La Vaulx**, présentée par M. Henneguy.

On a signalé depuis longtemps chez les animaux ayant normalement les sexes séparés des cas d'hermaphrodisme et de gynandromorphisme.

Les travaux de Goldschmidt et de Riddle ont fait connaître récemment une troisième sorte d'aberration de la sexualité sous le nom de *sexualité intermédiaire*. Cette notion s'applique à des animaux pouvant présenter, dans l'ensemble de leurs caractères, tous les états intermédiaires entre les deux sexes.

Banta (1), qui a décrit peu après nous (2) des Cladocères offrant des mélanges divers de caractères sexuels opposés, assimile, non sans raison, le cas de ces animaux à celui des pigeons de Riddle et des papillons de Goldschmidt, mais l'opposition formelle qu'il veut établir entre intersexués (*sex intergrades*) et gynandromorphes (caractères sexuels secondaires disposés en mosaïque) nous paraît prématuré dans l'état actuel de nos connaissances. En effet, non seulement quelques Cladocères intersexués présentent, de l'aveu de Banta, l'aspect typique des gynandromorphes, mais chez tous les autres l'intersexualité, loin d'être répartie uniformément, au même degré, sur tout le corps, affecte les divers organes avec la plus grande irrégularité, réalisant une véritable disposition en mosaïque. Seule une connaissance précise de l'origine de ces deux sortes

(1) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1916, p. 578, et 1918, p. 373.
(2) *Bull. Soc. Zool. France*, 1915, p. 102 et 194, et 1918, p. 187.

d'aberrations permettrait de faire une distinction que l'examen morphologique est incapable d'établir.

Quoi qu'il en soit, ces Cladocères aberrants, déjà signalés sous différents vocables par Kurz, Grochowsky, Kuttner, Ashworth, se prêtent à de nombreuses observations pouvant intéresser la biologie générale et nous résumons ici les principaux résultats que leur étude nous a déjà permis d'acquérir.

Origine. — Les observations ont porté sur 135 Daphnies intersexuées (*D. Atkinsoni*). Les premiers individus anormaux furent trouvés dans une culture mal alimentée, en 1915, au cours de prélèvement dans un bocal aménagé depuis 16 mois. La mauvaise nutrition, que l'on trouve aussi à l'origine d'une des lignées étudiées par Banta, est peut-être une des causes de l'apparition des intersexués, bien qu'elle n'ait pas permis de la provoquer expérimentalement chez d'autres espèces.

Hérédité. — L'intersexualité est nettement héréditaire, mais d'une façon tout à fait irrégulière. La proportion des intersexués dans une même portée peut varier de $\frac{1}{48}$ à $\frac{4}{6}$; les portées comprenant des anormaux peuvent se suivre ou être intercalées entre des portées normales. Elles sont fréquemment précédées ou suivies par des portées de ♂, ce qui indique un rapport entre l'apparition des mâles et celle des intersexués. Ces derniers semblent être des mâles imparfaits et font défaut dans les portées comprenant une majorité de ♂. L'hérédité peut sauter une ou plusieurs générations et la proportion d'intersexués n'est pas plus forte dans la descendance des animaux anormaux que dans celle des Daphnies normales, sœurs d'intersexués ou appartenant à des portées normales.

Soit, par exemple, trois individus provenant d'une même ponte et élevés dans des conditions semblables :

Inters. donne 109 ♀, 22 ♂, 2 int. (en 8 portées) et 2 Daph. norm., respectivement : 42 ♀, 33 ♂, 6 int. (7 p.) et 109 ♀, 25 ♂, 12 int. (9 p.).

On ne peut donc opérer de sélection et les caractères de la lignée se maintiennent. Le pourcentage d'anomalies est plus faible dans les portées nombreuses (animaux copieusement nourris). Il augmente en juin et juillet et après l'apparition des ♂.

Morphologie. — Une modification plus ou moins prononcée vers le type ♂ peut se manifester *irrégulièrement* sur toutes les parties capables de varier suivant le sexe, mais le plus souvent un côté est plus fortement atteint.

Glandes génitales. — Tant que le type ♂ n'est pas très nettement prédominant, l'animal porte des ovaires histologiquement et physiologiquement normaux. Dans le cas contraire, on observe des glandes à caractère mixte se terminant par des canaux déférents plus ou moins nets et dans lesquelles il peut se développer des spermatozoïdes et des œufs. Ces derniers ont tendance à envahir les glandes et, ne pouvant être pondus, ne tardent pas à dégénérer (accumulation de graisse et modification des réactions vis-à-vis des colorants).

Ephippies. — Nous avons observé une dizaine d'éphippies portées par des intersexués. Beaucoup étaient anormales, particulièrement du côté où la masculinité de l'animal était le plus accusée. Les éphippies successivement formées par le même individu reproduisent des asymétries semblables en dépit de l'égalité des œufs de durée. L'éphippie semble donc être dessinée à l'état latent chez chaque animal, ce dessin pouvant être irrégulier chez les intersexués. Ceux-ci peuvent être fécondés par des ♂ pourvu que les ovaires soient normaux.

Régénération. — L'antennule d'un ♂, sectionnée au milieu de sa longueur, repousse et régénère le flagellum (caractéristique ♂) tandis que les bâtonnets et la soie, dépendant des ganglions supprimés par la mutilation, ne réapparaissent pas. Nous avons tenté la même expérience sur des antennules ♂ appartenant à des intersexués et constaté que celles-ci régénèrent de façon absolument identique, même si l'animal porte des œufs. La régénération semble donc dépendre uniquement de la nature de l'organe sectionné et non du métabolisme général de l'organisme.

Ces sexualités intermédiaires, dont la genèse parthénogénétique est encore mystérieuse, en faisant du sexe une notion non plus seulement *qualitative* mais *quantitative*, posent sous un aspect nouveau le problème de son déterminisme.

ZOOLOGIE. — *Sur les* Eleotris *des eaux douces de Madagascar*. Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Ed. Perrier.

Les *Eleotris* sont des Poissons carnivores, le plus souvent de petite taille, de la famille des Gobiidés. Les espèces de ce genre sont fort nombreuses. On en rencontre sur presque toutes les côtes des régions tropicales ou tempérées; un certain nombre pénètrent dans les rivières et quelques-unes restent même exclusivement confinées dans les eaux douces. C'est ainsi

qu'en Afrique, on en compte une quinzaine plus ou moins complètement adaptées à la vie dulcaquicole.

Les *Eleotris* sont très abondants dans les lagunes, les lacs et les cours d'eau de Madagascar; ils sont comestibles et peuvent être utilisés pour la nourriture des indigènes. Certaines espèces à l'état adulte mesurent de 30^{cm} à 35^{cm} de longueur, d'autres au contraire ne dépassent guère une quinzaine de centimètres, mais à cause de leur quantité ne doivent pas être considérées comme tout à fait négligeables au point de vue alimentaire.

Parmi les premières il faut citer l'Eléotris noir (*Eleotris fusca* Bloch Schneider), forme cosmopolite répandue dans tout l'océan Indien et le Pacifique depuis l'Est africain jusqu'à la Polynésie et qui est commune dans les rivières du massif central de Madagascar, l'Eléotris ophiocéphale (*E. ophiocephalus* C. V.) à distribution géographique analogue, l'Eléotris de Madagascar (*E. madagascariensis* C. V.) fort voisin et qui semble spécial à la grande île, enfin l'Eléotris à front bombé (*E. macrolepidota* Bloch) espèce du sud de l'Asie dont le Muséum de Paris possède entre autres des spécimens de la rivière Ivolina dus au regretté explorateur F. Geay.

Parmi les petites espèces il y a lieu de mentionner l'Eléotris à épaulette noire (*E. butis* H. Buchanan) qui habite de l'Est africain à la Malaisie et qui n'est pas rare dans les cours d'eau de la côte orientale de Madagascar, l'Eléotris de la rivière Tohizona (*E. Tohizonæ* Steindachner), forme minuscule d'une dizaine de centimètres à peine, particulière à la grande île et qui d'après le Dr Legendre est vendue sur le marché de Tamatave sous le nom de *vily*, enfin une dernière espèce qui mérite une étude détaillée car elle a été récemment ici même l'objet de travaux et de controverses.

En 1891, Sauvage a rapporté à l'*Eleotris gobioides* Cuvier et Valenciennes, de la Nouvelle-Zélande, un Poisson des eaux douces de Madagascar acquis de Sikora qu'il a figuré assez exactement dans son atlas, sans en donner de description (1).

M. le médecin principal Jean Legendre, lors d'une récente mission à Madagascar, a observé à nouveau ce Poisson très commun aux environs de Tananarive et a fourni d'intéressants détails sur sa biologie (2) en le désignant aussi, d'après Sauvage, sous le nom d'*Eleotris gobioides*.

---

(1) Alfred Grandidier, *Hist. phys. nat. pol. Madagascar*, t. 16. — Sauvage, *Poissons*, p. 521, pl. XL, A, fig. 1.

(2) Jean Legendre, *Biologie de l'*Eleotris gobioides (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 175).

A la suite de cette Note, M. G.-A. Boulenger ([1]) s'est demandé à quelle espèce devait être rapporté cet *Eleotris*, faisant justement remarquer qu'il ne pouvait s'agir de l'espèce de la Nouvelle-Zélande décrite par Cuvier et Valenciennes ([2]), mais supposant qu'il s'agissait sans doute de l'*E. Tohizonæ* Steind. ou peut-être d'une forme nouvelle. Les exemplaires adressés de Tananarive et du lac Alaotra au Muséum par le Dr Legendre, leur comparaison avec les types de Cuvier et Valenciennes, m'ont permis de trancher la question. Ce Poisson n'est ni l'*Eleotris gobioides* C. V., ni l'*E. Tohizonæ* Steind. mais bien une espèce nouvelle que je me suis fait un plaisir de dédier au voyageur qui l'a dernièrement observée.

L'*Eleotris Legendrei* nov. sp. ([3]) se distingue de l'*E. gobioides* C. V. par ses formes un peu plus ramassées, son œil relativement plus petit, sa bouche plus largement fendue, ses écailles plus nombreuses entre la deuxième dorsale et l'anale (12 à 14 rangées au lieu de 10 à 11). En revanche les nombres des rayons des nageoires et des rangées d'écailles en ligne longitudinale sont presque identiques, ce qui justifiait à première vue l'assimilation de Sauvage.

En résumé, le genre *Eleotris* se présente donc comme un des plus riches en espèces des eaux douces de Madagascar. Le nombre de celles-ci se trouve porté à 7. Ces faits concordent avec ce que j'ai déjà indiqué ([4]) sur les caractères de la faune ichtyologique de la grande île africaine. Les formes exclusivement dulcaquicoles sont très rares (quelques Cichlidés, Siluridés, Cyprinodontidés). Au contraire, les familles les mieux représentées sont celles venues de la mer, à espèces mixtes à la fois marines et d'eau douce (Gobiidés comme les *Eleotris*, Athérinidés, Mugilidés, Anguillidés). Cette constatation n'est pas sans importance au point de vue pratique, car on sait que ces dernières familles, toutes bien connues sur nos côtes ou dans nos eaux fluviales métropolitaines, renferment bon nombre de formes intéressantes au point de vue alimentaire.

([1]) G.-A. Boulenger, *Qu'est-ce que l'*Eleotris gobioides *de M. Legendre?* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 228).

([2]) Cuvier et Valenciennes, *Hist. nat. Poissons*, t. 12, 1837, p. 247.

([3]) Cette espèce sera décrite dans le *Bulletin de la Société zoologique de France.*

([4]) Jacques Pellegrin, *Sur les Athérinidés des eaux douces de Madagascar* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 432).

BIOLOGIE. — *De la possibilité pour les éleveurs d'obtenir à volonté des mâles ou des femelles dans les races gallines.* Note (¹) de M. **Lienhart**, présentée par M. Edmond Perrier.

Il ne s'agit pas, je me hâte de le dire, de la résolution du passionnant et si difficile problème du déterminisme du sexe. Mon intervention part de l'œuf, c'est-à-dire d'un état où le sort du sexe est définitivement fixé.

Et tout mon procédé consiste à savoir reconnaître le sexe dans l'œuf, et cela, avant que toute incubation soit commencée.

L'idée primitive qui m'a amené à tenter les expériences dont je vais exposer les résultats repose sur l'observation suivante : Dans toutes les races gallines le coq est toujours plus grand et d'un poids plus considérable que la poule du même âge. C'est un fait connu. Mais ce qu'on sait moins c'est l'importance de l'écart qui existe entre les poids respectifs des sexes. Des pesées répétées m'ont renseigné sur ce point, l'écart varie suivant les races envisagées; il oscille entre 500^{g} et 1^{kg} et plus même parfois. Cette différence de poids très nette chez les adultes, bien qu'à un degré moindre, est déjà très sensible chez les poulets; elle se révèle même chez les poussins dès le plus jeune âge. Des poussins de cinq jours, pesés par mes soins, affectaient entre eux des écarts de poids de 18^{g} à 27^{g}.

La conclusion de cette expérience sur les poussins devait assez naturellement m'amener à penser que cette différence pondérale, si sensible déjà entre les sexes d'individus si jeunes, pouvait également se traduire dans l'œuf. Mais l'expérience s'imposait.

En avril 1917, je confiais à un modeste incubateur artificiel 60 œufs choisis parmi les plus lourds dans un lot d'œufs à couver achetés à la campagne et malheureusement de race bâtarde. Si ma prévision était juste je devais obtenir une notable majorité de mâles. Or le résultat ne répondit pas à mon attente. Sur les 60 œufs, 44 seulement vinrent à éclosion et l'élevage, heureusement conduit jusqu'à un âge où les sexes purent être facilement et sûrement différenciés, donna 28 mâles pour 16 femelles, soit une proportion de mâles de 63 pour 100 environ. Résultat en réalité médiocre et fort peu probant, la différence avec la normale étant assez faible pour être imputée au hasard.

Pour ma première tentative j'obtenais un échec ou à peu près. J'avais commis une grave erreur en expérimentant sur des œufs de poules bâtardes.

(¹) Séance du 7 juillet 1919.

En effet, dans une race de sang mêlé, toutes les poules, même d'un seul élevage, ne pondent pas des œufs de poids comparable. Elles se groupent à ce point de vue suivant leurs origines respectives; et dans un même poulailler où toutes les pondeuses sont analogues d'aspect, c'est-à-dire toutes aussi bâtardes les unes que les autres, il existe, au point de vue du poids moyen de l'œuf, des familles distinctes, de véritables lignées, qu'on pourrait séparer par sélection, les unes pondant des œufs petits, d'autres des œufs de poids moyen, d'autres enfin de gros œufs. On comprend alors aisément l'erreur que j'ai commise en prenant pour mon expérience les plus gros œufs provenant d'un lot pondu par des poules bâtardes. En procédant de la sorte, j'ai éliminé tout simplement tous les œufs de poids maxima des lignées à œufs petits, pour ne prendre que ceux des lignées à gros œufs. Ma sélection pondérale était illusoire, autant expérimenter sur des œufs pris absolument au hasard; un échec était inévitable.

L'expérience était à recommencer en n'opérant cette fois que sur des œufs provenant d'une race pure. C'est ce que je pus faire au printemps 1918. Soixante œufs, pondus par des poules toutes du même élevage de race « Leghorn » et choisis parmi les plus gros d'un lot de 350, furent placés dans l'incubateur. Ces 60 œufs oscillaient, quant au poids, entre 59^g et 70^g. De nombreuses pesées m'ont permis de considérer que, pour la race « Leghorn », le poids moyen des œufs est de 62^g, l'écart entre les poids extrêmes est de 16^g, les plus petits œufs pesant 54^g et les plus gros 70^g. Les œufs en dessous de 58^g et au-dessus de 66^g sont peu fréquents. Parmi mes œufs mis en incubation, 7 étaient d'un poids légèrement inférieur à la moyenne de la race, tous les autres la dépassaient. J'ai pris également soin, dans le but d'essayer d'établir un rapport entre l'écart de poids chez les adultes et celui qu'on trouve dans les œufs de poids différents, de peser quelques-uns des producteurs sur les œufs desquels j'expérimentais. Deux coqs, âgés respectivement de 2 et 3 ans, pesaient, le premier $2^{kg},800$ et le second $3^{kg},200$, soit un poids moyen de 3^{kg}. Dix poules, prises au hasard dans l'élevage et âgées respectivement de 1, 2 et 3 ans, avaient un poids moyen de $1^{kg}900$, soit un écart de poids de $1^{kg},100$ entre les sexes à l'avantage des mâles.

Les 60 œufs donnèrent, à l'éclosion, 48 poussins dont 37 mâles et 11 femelles, soit, pour les coqs, une proportion de 77 pour 100. Cette fois, le résultat était probant et mon hypothèse semblait bien se justifier. En conséquence, je ne crois pas téméraire d'affirmer qu'en tenant compte du poids, il est possible de reconnaître le sexe des Gallinacées dans l'œuf. Pour une race déterminée et dans un élevage homogène, les œufs les plus

lourds doivent donner des mâles, les œufs les moins lourds doivent donner des femelles.

Encouragé par ce résultat, j'ai cherché à améliorer encore ma technique.

Il faut, si cela m'est possible, expérimenter à l'avenir sur un beaucoup plus grand nombre d'œufs, provenant tous, bien entendu, d'une même race et d'un même élevage. Il est également indispensable, pour écarter toute cause d'erreur due à de mauvaises interprétations dans l'estimation du poids des œufs, que les poules pondeuses soient toutes du même âge et que les œufs soient récoltés au moment où la ponte est à son maximum. Ceci est important car les jeunes poules d'un an pondent des œufs notablement plus petits et inférieurs en poids à la moyenne normale de la race, et d'autre part, au cours d'une année, les œufs d'une même pondeuse, même tout à fait adulte, sont notablement plus petits au début et à la fin de la période d'ovulation, que dans son plein.

Au moment de la mise en incubation il sera sage de mettre à éclore la totalité des œufs du lot choisi, les plus lourds séparés des moins lourds. Je me propose aussi de marquer sur chaque œuf son poids exact. J'ajoute une pratique, qui doit être rejetée des éleveurs qui voudraient se faire expérimentateurs, parce qu'elle serait pour eux beaucoup trop dispendieuse. Elle consiste à briser un à un les œufs la veille de l'éclosion, à sacrifier les poussins, à les autopsier pour s'assurer immédiatement de la nature de leur sexe. Cette pratique permet d'inscrire avec une absolue certitude, en regard du poids initial de l'œuf, le sexe qu'il recélait et de connaître ainsi à partir de quel poids la distinction du sexe par la pesée de l'œuf devient douteuse, pour une race donnée. Ma technique ainsi perfectionnée donnera très probablement des résultats satisfaisants.

BIOLOGIE. — *La vie d'un microbe, individu et espèce.* Note de M. **J. Danysz**, présentée par M. Laveran.

J'ai fait une série d'expériences ayant pour but de déterminer les conditions d'évolution de l'individu et de l'espèce d'un paratyphique que j'ai isolé d'une épizootie de campagnols, en 1891.

Il s'agissait de déterminer tout d'abord combien de temps ce microbe peut vivre : *a*) dans des ampoules scellées sans air; *b*) dans le même bouillon de culture renouvelé, autant que possible, tous les jours et même plus souvent; *c*) dans le même bouillon de culture non renouvelé.

J'ai constaté que, dans les ampoules bien remplies avec du bouillon

fraîchement ensemencé et scellées à la lampe, le paratyphique a conservé sa vitalité, toutes ses propriétés biochimiques et sa virulence pendant 12 ans, à la température du laboratoire, et pendant 1 à 2 ans à l'étuve, à 37°-38°.

Laissé dans des tubes bouchés au coton avec un dispositif spécial pour compenser l'évaporation de l'eau, dans du bouillon ordinaire non renouvelé, le même microbe a cessé de vivre en moins de 3 mois.

A ce propos, il a été constaté que, dans les premières 48 heures, le bouillon devient acide et ensuite de plus en plus alcalin : il y a d'abord transformation des sucres du bouillon en acides lactique et carbonique, et ensuite des peptones et autres protéoses en acides aminés et en ammoniaque. Il se forme en même temps deux races de microbes différentes : une race aérobie qui pousse en voile à la surface du bouillon et une race anaérobie au fond du tube.

C'est probablement l'alcalinité croissante du bouillon qui arrête la multiplication et la vie des microbes.

Quand on réensemence la culture de tube en tube toutes les 24 heures toujours dans un bouillon préparé de la même façon, on constate : 1° que le microbe conserve toutes ses propriétés biologiques et biochimiques pendant au moins 5 ans; 2° qu'il donne au début 9 générations en 24 heures et que, ensuite, la multiplication se fait de plus en plus rapidement, de sorte qu'au bout d'un an, on obtient 9 générations en 12 heures. Cela fait, en moyenne, 5000 générations par an, ou 25000 générations en 5 ans.

On doit en conclure que notre paratyphique et, d'une manière générale, tous les microbes ou tous les êtres unicellulaires qui se multiplient par bipartitions successives, vivront à l'infini quand ils seront placés dans des conditions de nutrition convenables; que, en un mot, la durée de la vie d'une espèce composée d'unités unicellulaires libres ne peut être limitée que par des conditions de milieu cosmiques.

Mais alors une autre question se pose : Est-il possible d'établir pour des êtres unicellulaires, qui se multiplient par des bipartitions successives, une distinction aussi nette entre l'individu et l'espèce, qu'on le fait pour les êtres pluricellulaires différenciés?

Quand on considère une plante annuelle ou un animal, on n'éprouve aucune difficulté à distinguer et à définir l'individu et l'espèce. Dans ces cas, l'individu est l'organisme qui naît, s'accroît, vieillit, meurt et disparaît comme unité distincte. Il a une certaine *durée* et un *corps* qui, après la mort, devient un *cadavre*. L'espèce est l'ensemble de ces individus présentant certains caractères communs, qui vivent à un moment donné, ont vécu auparavant et vivront après.

Or, pour beaucoup d'organismes unicellulaires qui se reproduisent par bipartition, il est impossible d'établir toutes ces distinctions. Le microbe n° 1 se divise en deux microbes n° 2, et ces derniers en quatre microbes n° 3. Il y a donc là en apparence trois générations successives, mais il n'y a pas de succession de trois séries d'individus distincts. Il n'y a pas de cadavres, puisque les quatre microbes vivants de la troisième génération contiennent en eux la substance de tous les individus des générations précédentes. Tous les microbes provenant de toutes les générations précédentes et vivant à un moment donné sont du même âge.

Tous les individus provenant de la multiplication d'un seul microbe, pris à un moment quelconque de leur évolution, ne représentent donc, en réalité, qu'une seule génération et même, à proprement parler, un seul être divisé en une quantité quelconque d'unités identiques libres.

On peut donc considérer un microbe comme un être à croissance continue et illimitée, dont les unités de nutrition, à dimensions limitées, deviennent libres et indépendantes les unes des autres. Si les conditions de nutrition restaient toujours rigoureusement les mêmes, ces unités resteraient, elles aussi, toujours identiques à elles-mêmes, précisément, parce que, étant libres et indépendantes les unes des autres, elles peuvent vivre toutes dans des conditions identiques. Si, au lieu de devenir libres, les unités successivement formées restaient intimement liées les unes aux autres, de façon à former une masse compacte, les conditions de nutrition des différentes couches deviendraient différentes et il en résulterait une différenciation de formes et de propriétés qui conduirait à la formation d'un organisme complexe. Cet organisme aurait alors nécessairement, par la formation des éléments de structure stables, une évolution d'ensemble *cyclique* ou fermée, comme celle d'une plante ou d'un animal, ou bien *linéaire* comme celle d'un arbre.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur la toxicité des muscles broyés au point de vue de la pathogénie du choc.* Note de M. **Pierre Delbet**, présentée par M. Quénu.

Technique expérimentale. — Les muscles recueillis aseptiquement sont broyés au broyeur Latapie avec addition d'une petite quantité de sérum physiologique. Soit immédiatement, soit après séjour à l'étuve, la pulpe est filtrée au travers d'une compresse tétra pour la débarrasser des particules qui obstrueraient l'aiguille. Le filtrat est injecté dans le péritoine.

Le déterminisme de telles expériences peut être précis. Les conditions qui échappent sont si nombreuses qu'il faut un grand nombre de faits pour légitimer des conclusions.

Les muscles ont été prélevés sur 121 animaux (69 rats, 13 cobayes, 2 chiens, 32 grenouilles, 5 anguilles). Les injections ont été faites à 213 (114 rats, 16 chiens, 68 cobayes, 13 grenouilles, 1 lapin, 1 chat).

Résultats. — Les accidents toxiques dus à la résorption du filtrat de pulpe musculaire évoluent de la manière suivante : polypnée, disparition des réflexes, coma, mort. Ces symptômes sont ceux que l'on observe dans le choc. (Je n'ai pas trouvé de moyens d'étudier la pression artérielle sur de petits animaux.)

La guérison est possible après chacune des trois premières phases.

Les guérisons qui surviennent après la phase de polypnée, avant le coma, montrent que la théorie d'Henderson est erronée. La polypnée n'est pas la cause du choc, elle en est le premier symptôme.

Les morts précoces, survenant de quelques minutes à 6 ou 7 heures après l'injection, sans que l'animal sorte du coma, semblent dues à l'intoxication des centres nerveux cérébraux et bulbaires.

Les morts retardées, qui surviennent après que les animaux sont sortis du coma, sont dues surtout aux altérations du foie.

Rôle des microbes. — La pulpe musculaire infectée par le streptocoque, le staphylocoque, le proteus, le pyocyanique m'a paru moins toxique que la pulpe aseptique.

La pulpe infectée par le vibrion septique et d'autres anaérobies indéterminés produit des symptômes différents qui ressemblent moins à ceux du choc.

Variabilité des résultats. — Les accidents toxiques déterminés par les injections intra-péritonéales de pulpe musculaire aseptique sont toujours de même type, mais ils sont très variables en intensité. Avec la même dose, ils peuvent être insignifiants ou rapidement mortels.

Je n'ai pas fait d'auto-injection (injection à l'animal sur lequel le prélèvement musculaire a été fait) parce que mon but principal était de produire le choc sans traumatisme.

Dans les homo-injections (injections à des animaux de même espèce) les différences des résultats semblent tenir principalement à la résistance des centres nerveux et à l'état de la cellule hépatique pour le récepteur, à l'état physiologique ou pathologique pour le donneur.

Les expériences faites sur des animaux de différentes espèces fournissent sur ce point des renseignements intéressants.

Homo-toxicité. — Les injections de pulpe musculaire à des animaux de même espèce montrent que l'homo-toxicité est bien moindre chez les herbivores (cobayes) que chez les carnivores (rats d'égouts, grenouilles).

Il n'en faut pas conclure que la pulpe de muscles d'herbivores n'est pas toxique. La toxicité, comme la virulence, est chose relative; elle dépend de deux facteurs : l'agent toxique, l'animal auquel on l'administre.

Les injections croisées ont donné les résultats suivants :

Hétéro-toxicité. — Je laisse de côté la toxicité de la pulpe musculaire pour des animaux d'espèces très éloignées (grenouille, rat, anguille, cobaye).

Plus intéressantes sont les expériences entre animaux d'espèces moins éloignées.

La même pulpe musculaire de cobayes, qui ne produit que des accidents insignifiants ou nuls chez d'autres cobayes, entraîne des phénomènes de choc chez les rats gris.

Est-ce seulement affaire d'hétérogénéité? Non.

En effet, la pulpe de muscles de rats gris ou noirs (rats d'égouts), qui est très toxique pour les animaux de même espèce, l'est très peu pour les cobayes.

La différence des résultats produits par les injections croisées, cobayes-rats et rats-cobayes, montre que le récepteur joue un rôle capital.

Rats gris et grenouilles, qui sont surtout carnivores, se sont montrés beaucoup plus sensibles que les cobayes, qui sont herbivores.

Cela conduit à penser que dans la sensibilité des carnivores à la pulpe de muscle, quelle que soit son origine, entre un facteur de l'ordre de l'anaphylaxie, ce mot étant pris dans son sens le plus général d'état antérieur produit par l'assimilation d'albumines étrangères.

Pour donner la démonstration complète de cette interprétation, il aurait fallu transformer des herbivores en carnivores et des carnivores en herbivores; je n'y ai jamais réussi.

Bien que la démonstration soit incomplète, les faits expérimentaux permettent cependant de penser que l'alimentation très carnée de nos soldats a été pour quelque chose dans la fréquence et la gravité des phénomènes de choc au cours de la guerre.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Existence d'une relation approchée, signalée par M. Carvallo dans le quartz, entre les deux pouvoirs rotatoire (ordinaire) et dispersif des corps.* Note (¹) de M. J. **Boussinesq**.

I. Les pages 623 et 624 du Tome 2 de mon *Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences* (²) ont été consacrées à une deuxième approximation de la théorie de la polarisation rotatoire ordinaire, où se trouve mise en vue une relation empirique, signalée par M. Carvallo dans le quartz, entre les deux pouvoirs rotatoire et dispersif, savoir, la proportionnalité approchée du pouvoir rotatoire à l'expression $k^2(N^2 - \text{const.})$ pour les diverses radiations simples, à périodes vibratoires $\frac{2\pi}{k}$ et à indices de réfraction N (³). Il est facile de compléter cette théorie, tout en la simplifiant au fond, et sans négliger, dans l'uniformisation des résistances opposées par les molécules pondérables aux vibrations pendulaires de l'éther, les termes *de troisième approximation*, qui contiennent les paramètres différentiels du quatrième ordre $\Delta_2\Delta_2$ des accélérations.

(¹) Séance du 15 juillet 1919.

(²) Paris, Gauthier-Villars, 1903.

(³) C'est dans un Mémoire inséré au numéro de mai 1897 des *Annales de Chimie et de Physique* (6ᵉ série, t. 26). M. Carvallo y trouve, en utilisant les meilleures observations, que le pouvoir rotatoire du quartz est proportionnel à l'expression

$$k^2\left(N^2 - \frac{21,027}{11,970}\right) = k^2(N^2 - 1,756).$$

La formule (a) de la page 580 du même Tome 2, pour passer de la valeur brute d'une fonction φ en tout point (x, y, z), à la valeur *uniformisée*, par l'introduction de sa moyenne φ_m à l'intérieur d'une petite sphère de rayon constant ε décrite autour de (x, y, z) comme centre, est alors

$$(1) \qquad \varphi = \varphi_m - \frac{\varepsilon^2}{10}\Delta_2\varphi_m + \frac{9\varepsilon^4}{1400}\Delta_2\Delta_2\varphi_m.$$

Toutes nos fonctions, comme ξ, η, ζ (déplacements élastiques de l'éther), à variations pendulaires en t, fonctions dont φ désignera l'une quelconque, se trouvent, à une approximation déjà très haute, régies par l'équation aux dérivées partielles

$$(2) \qquad \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad \text{ou} \quad \varphi'' = a^2\Delta_2\varphi \qquad \left(\text{d'où } \Delta_2\varphi = \frac{\varphi''}{a^2} = -\frac{k^2}{a^2}\varphi\right),$$

a y étant une vitesse constante de propagation $\left(\text{liée à la période } \frac{2\pi}{k}\right)$. Et cette équation (2) peut même être censée exacte quand on annule le coefficient spécifique α, toujours fort petit, auquel est dû justement le pouvoir rotatoire.

Comme les termes qu'affecte ce coefficient α ne modifient pas d'une manière appréciable la dispersion des rayons ou les indices N de réfraction, les Δ_2 et $\Delta_2\Delta_2$ s'évalueront par la dernière équation (2). Si donc on appelle f la constante, un peu supérieure à l'unité,

$$(3) \qquad f = 1 + \frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2} + \frac{9}{14}\left(\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}\right)^2,$$

la formule (1) deviendra

$$(4) \qquad \varphi = f\varphi_m.$$

Ainsi, l'uniformisation de chaque fonction à transformer se fera en substituant, à la valeur *brute*, donnée en (x, y, z), de la fonction, le produit de sa valeur uniformisée ou définitive par le facteur constant f.

II. Mais traitons d'abord la question de la dispersion (où $\alpha = 0$), en nous bornant aux vibrations de période très courte, pour lesquelles le terme dit *de Briot* est insensible, et (du moins dans le quartz) aux rayons presque parallèles à l'axe optique, propagés comme si le milieu était isotrope, sans contraction ni dilatation cubiques appréciables de l'éther.

Dans la première, par exemple, des trois équations de mouvement, où, par unité de volume, la force motrice de l'éther s'écrira $\rho\frac{d^2\xi}{dt^2}$, c'est-à-dire,

plus simplement, $\rho\xi''$, et vaudra l'impulsion élastique $\mu\Delta_2\xi$ de celui-ci, accrue algébriquement de la résistance, ayant la forme $-\rho A\xi''$, de la matière pondérable, nous aurons (même Tome 2, p. 439) à uniformiser cette résistance par la formule (1). Elle deviendra ainsi, en employant une seule fois la dernière formule (2) (pour ramener $\Delta_2\Delta_2\xi''$, c'est-à-dire $-k^2\Delta_2\Delta_2\xi$, à $\Delta_2\xi$), et en supprimant l'indice m désormais inutile,

$$-\rho A\xi'' - \frac{\rho A\varepsilon^2 k^2}{10}\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{\varepsilon^2 k^2}{10 a^2}\right)\Delta_2\xi.$$

Si nous posons, pour abréger,

(5) $$\varkappa = \frac{\rho A \varepsilon^2}{10\mu},$$

cette expression des résistances devient

(6) $$-\rho A\xi'' - \mu\varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{\mu\varkappa}{\rho A}\,\frac{k^2}{a^2}\right)\Delta_2\xi.$$

Transposons la première partie, $-\rho A\xi''$, dans le premier membre $\rho\xi''$ de l'équation du mouvement; et celle-ci, après division par $\rho(1 + A)$, sera

(7) $$\xi'' \text{ ou } \frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{\mu}{\rho(1+A)}\left[1 - \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{\mu\varkappa k^2}{\rho A a^2}\right)\right]\Delta_2\xi.$$

Or a^2 est ici, d'après la première (2), le quotient de ξ'' par $\Delta_2\xi$; et l'on a

$$a^2 = \frac{\mu}{\rho(1+A)}\left[1 - \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{\mu\varkappa k^2}{\rho A a^2}\right)\right].$$

Le terme le plus petit, en $\mu\varkappa k^2$, du binome entre parenthèses, ne sera altéré que d'une fraction négligeable de sa valeur, par la substitution, à a^2, de sa partie de première approximation, seule très notable, obtenue en annulant $\varkappa$, et qui est le quotient de μ par $\rho(1 + A)$. Il vient donc ainsi, pour régir la dispersion, la formule

(8) $$a^2 = \frac{\mu}{\rho(1+A)}\left[1 - \varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{1+A}{A}\,\varkappa k^2\right)\right].$$

Introduisons le carré N^2 de l'indice de réfraction, rapport de $\frac{\mu}{\rho}$ à a^2. Nous aurons enfin, entre N et k, la relation assez simple

(9) $$\varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{1+A}{A}\,\varkappa k^2\right) = \frac{N^2 - 1 - A}{N^2}.$$

III. Arrivons maintenant à l'étude de la polarisation rotatoire. Nous observerons d'abord que le petit rayon ε d'uniformisation convenant le mieux doit être pris, dans chaque question, en rapport de grandeur, jusqu'à un certain point (p. 439 et 579 du Tome 2), avec les intervalles et le diamètre des molécules pondérables qu'on y considère. Or, celles-ci sont supposées (p. 455) plus grosses dans la théorie de la polarisation rotatoire que dans tous les autres chapitres de l'optique. Attendons-nous donc, si nous y appelons ε' la valeur de ε la mieux choisie pour les termes produisant, en quelque sorte, cette polarisation, à trouver ε' supérieur au coefficient ε des formules précédentes concernant les termes de dispersion. Aussi égalerons-nous ε'^2 au produit de ε^2 par un coefficient constant, $1+\theta'$, plus grand que l'unité. Cela changera l'expression (3) du coefficient f d'uniformisation à employer, pour ces termes de polarisation rotatoire, en celle-ci :

$$f' = 1 + (1+\theta')\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}\left[1 + \frac{9}{14}(1+\theta')\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}\right].$$

La constante positive θ' doit être généralement comparable à 1 ; mais, en vue d'éviter une certaine complication des formules, nous admettrons au moins provisoirement, pour θ', une petitesse du même ordre que pour $\frac{\varepsilon^2 k^2}{10a^2}$, permettant de supprimer les termes en θ'^2 et en $\theta'\varepsilon^4$. Nous pourrons alors, sauf erreur relative négligeable, dans le *petit* terme (en ε^2) du facteur entre crochets, réduire $1+\theta'$ à 1 et remplacer a^2 par le rapport de μ à $\rho(1+A)$, puis éliminer de la formule ε^2 par (5), en observant de plus que $\frac{\mu}{\rho a^2}$ est, par définition, N^2. Il viendra

$$f' = 1 + (1+\theta')\frac{N^2}{A}\varkappa k^2\left(1 + \frac{9}{14}\,\frac{1+A}{A}\varkappa k^2\right),$$

expression que la relation (9) transforme en

$$(10)\qquad f' = 1 + (1+\theta')\frac{N^2 - 1 - A}{A} = \frac{N^2-1}{A}\left(1 + \theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right).$$

Cela posé, introduisons dans la première équation du mouvement la très petite partie en α de la résistance de la matière pondérable, partie s'ajoutant au terme principal $-\rho A\xi''$ et qui est, d'après la première formule (218) du même Tome 2 (p. 456),

$$-\rho\alpha\left(\frac{d\eta''}{dz} - \frac{d\zeta''}{dy}\right).$$

Après uniformisation par l'emploi du facteur f' ci-dessus, cette partie, à

joindre au second membre de l'équation, deviendra donc

$$-\rho\alpha\frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right)\left(\frac{d\eta''}{dz}-\frac{d\zeta''}{dy}\right).$$

En divisant par $\rho(1+A)$, l'équation du mouvement sera, au lieu de (7) et vu la valeur (8) de a^2,

$$(11)\qquad \xi''=a^2\Delta_2\xi-\frac{\alpha}{1+A}\frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right)\left(\frac{d\eta''}{dz}-\frac{d\zeta''}{dy}\right).$$

Son identification à la première de nos équations *type* (220) (même Tome, p. 458), où nous savons qu'il faudra annuler la dilatation cubique θ, se fait immédiatement, à la condition de prendre, pour le petit coefficient g de celles-ci, l'expression

$$(12)\qquad g=\frac{1}{2}\frac{\alpha}{1+A}\frac{N^2-1}{Aa}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right).$$

Et il en sera de même pour les deux autres équations du mouvement.

Or, la formule (230) du même Tome 2 (p. 460) montre que le pouvoir rotatoire, c'est-à-dire la rotation du plan de polarisation d'un rayon de lumière simple par unité de longueur parcourue, est $\frac{gk^2}{a}$. On aura donc finalement, en observant que l'inverse de a^2 a la valeur $\frac{\rho N^2}{\mu}$,

$$(13)\qquad \text{Pouvoir rotatoire}=\frac{\rho\alpha k^2}{2\mu}\frac{N^2}{1+A}\frac{N^2-1}{A}\left(1+\theta'\frac{N^2-1-A}{N^2-1}\right).$$

A part le facteur k^2 inversement proportionnel au carré de la période, le pouvoir rotatoire n'est ainsi fonction, explicitement, que de l'indice de réfraction N *ou, par suite, que du pouvoir dispersif.*

Appelons, pour abréger, γ la petite quantité N^2-1-A, dont le carré aura son produit par θ' négligeable. Nous pourrons remplacer N^2 par $1+A+\gamma$ et N^2-1 par $A+\gamma$, puis développer le second membre de (13), devenu

$$\frac{\rho\alpha k^2}{2\mu A(1+A)}[(1+A+\gamma)(A+\gamma)+\theta'(1+A+\gamma)\gamma].$$

L'expression entre crochets sera successivement, en remplaçant finalement le terme γ par N^2-1-A,

$$\begin{aligned}&A(1+A)+(1+2A+\theta'+\theta'A)\gamma+\gamma^2\\&=(1+2A+\theta'+\theta'A)\left[\frac{A(1+A)}{1+2A+\theta'+\theta'A}+\gamma+\frac{\gamma^2}{1+2A}\right]\\&=(1+2A+\theta'+\theta'A)\left[N^2-1-A\frac{A+(1+A)\theta'}{1+2A+(1+A)\theta'}+\frac{\gamma^2}{1+2A}\right].\end{aligned}$$

La formule (13), par la substitution,

$$\text{à} \quad \frac{A + (1 + A)\theta'}{1 + 2A + (1 + A)\theta'}, \quad \text{de} \quad \frac{A}{1 + 2A}\left[1 + \frac{(1 + A)^2}{A(1 + 2A)}\theta'\right],$$

est alors

(14) Pouvoir rotatoire =

$$\frac{\rho\alpha k^2}{2\mu}\frac{1+2A+(1+A)\theta'}{A(1+A)}\left[N^2-1-\frac{A^2}{1+2A}\left(1+\frac{(1+A)^2}{A(1+2A)}\theta'\right)+\frac{(N^2-1-A)^2}{1+2A}\right].$$

Il suffit d'y négliger le très petit terme du second ordre, en $(N^2 - 1 - A)^2$, pour qu'elle prenne la forme de celle que les résultats de l'expérience ont suggérée à M. Carvallo chez le quartz, savoir, la proportionnalité du pouvoir rotatoire à un produit ayant l'expression $k^2(N^2 - \text{const.})$.

IV. La constante qui se trouve ici retranchée de N^2 dans la parenthèse excède, comme on voit, l'unité de la quantité

$$\text{(15)} \qquad \frac{A^2}{1 + 2A} + \frac{A(1 + A)^2}{(1 + 2A)^2}\theta',$$

qui, dans le cas du quartz où A vaut *environ* $\frac{4}{3}$, est

$$0,485 + 0,540\,\theta'.$$

Or, les calculs de M. Carvallo ont donné, d'après l'ensemble des expériences, un pouvoir rotatoire proportionnel à $k^2(N^2 - 1,756)$; ce qui conduirait à prendre 0,271 comme valeur du terme $0,540\,\theta'$. Et il en résulterait $\theta' = \frac{1}{2}$, fraction bien forte pour justifier la suppression, que nous avons effectuée partout, des termes en θ'^2.

Il y aurait donc peut-être lieu, si un choix plus précis de A n'abaissait pas cette fraction, de compléter notre analyse par la mise en compte des termes en θ'^2, et, peut-être aussi, d'attribuer une certaine valeur moyenne au carré $(N^2 - 1 - A)^2$, plutôt que de le supprimer.

Toutefois, le calcul précédent et facile (quoique semblant ainsi insuffisant) du terme linéaire en θ' a l'avantage de montrer dans quel sens il convenait de modifier les résultats, pour ainsi dire de première approximation, qu'aurait donnés l'hypothèse, naturelle en apparence, $(\theta' = 0)$ de l'égalité des rayons ε d'uniformisation, dans les deux théories de la dispersion et du pouvoir rotatoire, ou, plus exactement, dans les termes en $\varkappa$ et dans les termes en α. Mais, les premiers dépendant de ξ'', η'', ζ'' et, les seconds, des dérivées de ξ'', η'', ζ'' en x, y, z, leur différence de nature est profonde; d'où l'inégalité de ε et de ε'.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action des fluorures sur la végétation : B. Cultures en champ d'expériences.* Note de MM. **Armand Gautier** et **P. Clausmann.**

Les essais préliminaires de cultures avec ou sans addition de fluor que nous avions tentés en 1913 et 1914 sur poudres de verre ou de charbon (1) ne nous avaient pas entièrement renseignés sur l'influence que le fluor exerce sur la végétation et plus particulièrement sur la vigueur des plantes les plus usuelles. En effet, ces premières cultures avaient été faites en vases, sur milieux entièrement artificiels et sur de trop petites quantités à la fois; et un peu d'alcali avait été apporté avec le fluor par les fluorures solubles ajoutés dans tous ces essais, en minime proportion il est vrai. Nous nous sommes donc décidés à n'employer le fluor que sous forme de fluorure de calcium amorphe (2), sel sensiblement soluble dans l'eau sous cet état et contenant environ la moitié de son poids de fluor.

Le champ d'expérience très homogène choisi par nous à Lainville (Seine-et-Oise) avait $109^{m},50$ de long sur 16^{m} de large. Il est formé d'une terre argilo-siliceuse, à peine calcaire, contenant à l'état naturel 88^{mg} de fluor par kilogramme; on ajoutait dans toutes les parcelles à fluorer $55^{g},8$ de fluorure de calcium amorphe par surface de 1^{m^2} (3), sur une épaisseur de $0^{m},25$, ce qui répond à 100^{mg} de fluor par kilogramme de terre. Ce champ avait subi deux ans de friche et sa surface avait été divisée en 18 planches, deux à deux égales, toutes séparées l'une de l'autre par une petite allée de $0^{m},90$; l'une était fluorée, l'adjacente ne l'était pas. L'addition de fluorure de calcium introduisant dans les parcelles fluorées un peu de chaux, on eut soin de répartir dans les non fluorées correspondantes la quantité de craie pulvérisée équivalente.

Le Tableau suivant donne la superficie et la nature des cultures de chaque parcelle, deux à deux, de mêmes surfaces, de notre champ d'essais :

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 976.

(2) Produit en saturant le carbonate de chaux par l'acide fluorhydrique pur.

(3) Ou $5^{kg},5$ par are sous une épaisseur de $0^{m},25$.

	Parcelles.	Superficie par parcelle.
		m²
Culture du blé	1 et 2	153,265
» de l'avoine	3 et 4	153,265
» de la carotte	5 et 6	73,990
» de la pomme de terre	7 et 8	70,517
» de la betterave	11 et 12	70,517
» des haricots	13 et 14	70,517
» des choux	15 et 16	31,106
» du pavot	17 et 18	31,10

Pour ces cultures en grandes surfaces et sous ces conditions pratiques comparables, on a dû se borner à quelques-unes des plantes le plus usuelles.

A. Blé (année 1916). — Semé le 4 avril 1916. Le 4 juillet, le blé fluoré paraît plus beau. Récolté le 23 août; bonne maturation.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
	kg	kg
Poids du grain	23,515	27,500
Poids de la paille	46,575	53,500
Récolte entière sèche	70,090	81,100

L'efficacité des fluorures est ici évidente. La récolte totale fluorée a augmenté de 13 pour 100, celle en grains de 18 pour 100, soit de près d'un cinquième.

L'année d'après (1917), nous avons aussi essayé comparativement nos cultures sur le même champ, mais cette fois en ne renouvelant plus l'apport du fluor et comparant les récoltes des parcelles qui avaient été fluorées l'an d'avant celles des parcelles non fluorées. On a pris le soin que les comparaisons se fissent toujours entre parcelles ayant porté, autant que possible, l'année précédente, même espèce de récoltes. Les résultats de 1917 sont donc un peu moins expressifs que ceux de 1916, mais ils peuvent contribuer à nous éclairer pratiquement. Nous les signalerons donc successivement.

Blé (1917).	Terre arable ordinaire.	Terre fluorée l'année précédente.
	kg	kg
Grain	10,800	10,300
Paille	34,700	34,000
Récolte totale	45,500	44,300

L'avantage du fluor ne s'est donc pas maintenu l'année d'après l'addition du fluor au terrain de culture.

B. Avoine (1916). — Semée le 4 avril 1916, levée le 15 avril. Plus belle, plus brillante, plus haute dans le champ fluoré. Récoltée le 19 août.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
	kg	kg
Poids du grain	26,410	27,795
Paille	64,590	74,205
Récolte totale	91,000	102,000

Gain de la récolte fluorée totale...... 12 pour 100
Gain du grain .... 5,2 »

Avoine (1917). — Mêmes conditions que ci-dessus.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée l'an précédent.
	kg	kg
Poids du grain	13,950	15,500
Poids de la paille	29,950	25,950
Récolte totale	43,400	41,450

Le poids du grain récolté sur la parcelle fluorée l'an précédent est ici un peu supérieur (9 pour 100 en plus); la récolte totale est un peu inférieure.

C. Orge (1917). — L'orge n'avait pas été cultivée en 1916. En 1917, les deux carrés d'orge où l'on avait, l'an précédent, récolté du blé, ont donné :

	Terrain non fluoré.	Terrain fluoré un an avant.
	kg	kg
Grain	18,345	18,195
Paille	36,155	37,805
Récolte entière	54,500	56,000

Cette expérience mérite d'être reprise sur champ fluoré l'an même de la récolte. L'action utile du fluor semble ici quelque peu douteuse.

D. Carottes (1916). — Semées le 9 mai. Le 4 juillet, les plants fluorés sont plus beaux que les non fluorés. En août, cette supériorité se maintient bien sensible. On récolte le 4 novembre en coupant les fanes au collet, débarrassant de radicelles et de terre, lavant, séchant 8 jours sur le sol.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Poids de la récolte	305kg,500	360kg,200

Gain pour la récolte fluorée : 17,9 pour 100.

Culture de Carottes en 1917; le terrain fluoré l'avait été l'an d'avant :

	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Récolte	154kg,100	189kg,015

On constate donc ici, la seconde année, sans nouvelle addition de fluor, une augmentation de récolte : 22,6 pour 100.

E. Pommes de terre (1916). — Semées le 15 avril. Levées le 16 mai. Le 4 juillet, les plants fluorés sont bien plus feuillus. Le 13, même faciès.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Récolte	$69^{kg},350$	$70^{kg},200$

Le poids des pommes de terre fluorées dépasse peu celui des non fluorées, quoique les tubercules fluorés soient plus jolis, plus forts, plus sains. Les pommes de terre avaient été plantées l'une et l'autre sur l'ancien champ de carottes de 1916.

En 1917, l'avantage de la parcelle fluorée l'an précédent est très sensible, et cela dès le début; les plantes sont plus feuillues, plus fleuries. Le 1er août elles restent plus vigoureuses sans faner :

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Récolte 1917	$10^{kg},100$	$16^{kg},025$

Le fluor, ajouté un an auparavant, paraît donc avoir influé très favorablement sur cette précieuse récolte qui, sous son influence, a gagné 58,66 pour 100. Étant donnée l'importance de ce végétal comestible, ce résultat mérite confirmation nouvelle.

F. Betteraves. — Semées le 9 mai 1916. Levées le 18 mai. En juillet, les fluorées ont un feuillage sensiblement plus développé. Le 13 août, même apparence des deux parts. Récolte le 22 octobre; privées de feuilles et de radicelles et séchées à l'air, elles ont donné :

Récolte (1916).	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Racines	$212^{kg},450$	$198^{kg},225$

En 1917, dans les conditions ci-dessus dites, on a semé des betteraves sur ces mêmes parcelles.

Récolte (1917)	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré l'an d'avant.
Racines	$120^{kg},00$	$105^{kg},500$

C'est une confirmation des résultats de 1916. Les fluorures ne sont donc pas avantageux à cette culture.

G. Pois (1916). — Ils ont été semés le 18 mai. Le 4 juillet, les plantes fluorées sont plus belles. Le 10 août, l'avantage de fluorées se poursuit.

Récolte 1916 (16 août).	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Graines	$10^{kg},450$	$11^{kg},050$

Les pois fluorés sont plus beaux, plus brillants, plus égaux.

Gain des fluorés : 5,70 pour 100.

Un nouvel essai a été tenté en 1917 sur les terrains fluorés l'an précédent.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Graines	$4^{kg},465$	$5^{kg},030$
Volume des graines	$5^{l},5$	6^{l}

Les pois fluorés sont plus beaux et plus lourds.

Bénéfice des fluorés : 12,65 pour 100.

H. Haricots. — Semés le 10 mai 1916; levés le 30 mai. En juillet, les plants de haricots en terre fluorée sont sensiblement plus maigres, plus grêles qu'en terre ordinaire. 13 août : apparence un peu meilleure des non fluorés.

Récolte (13 septembre).	Terrain naturel.	Terrain fluoré.
Poids des graines	$10^{kg},200$	$9^{kg},730$

Le fluor ne paraît pas avoir ici une influence bien sensible.

En 1917, nous avons repris cette expérience sur les mêmes parcelles, mais sans autre addition de fluorure de calcium.

Récolte (6 octobre).	Plantes non fluorées.	Plantes fluorées.
Poids des graines	$6^{kg},270$	$6^{kg},800$

Ces résultats sont analogues à ceux de l'an précédent.

I. Fèves (1917). — Les fèves n'avaient pas été étudiées en 1916. En 1917, elles ont donné les résultats suivants :

Champ non fluoré. — Plantes moyennes, mais dont les feuilles se flétrirent, noircirent et tombèrent vers le 1er août.

Champ fluoré, plantes bien plus belles, tiges bien érigées; la feuille noircit sans s'affaisser vers le 1er août.

Récolte (6 octobre).	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Poids des graines	$2^{kg},950$	$4^{kg},350$

La récolte fluorée l'emporte donc de 47,4 pour 100 sur la non fluorée.

J. Choux. — Choux cabus semés le 3 mai 1916, l'un et l'autre en même sol de jardin. Levés le 18 mai, puis repiqués le 4 juillet, ayant alors 10^{cm} à 15^{cm} de haut, les uns dans la terre ordinaire, les autres en même nombre dans la terre fluorée.

13 août : très sensible supériorité des choux fluorés. On les arrache avec leurs racines, on les prive de terre adhérente et on les pèse.

	Terre non fluorée.	Terre fluorée.
Poids	$91^{kg},440$	$92^{kg},710$

Les pieds étaient assez maigres dans les deux cas. La terre de Lainville est très pauvre en calcaire nécessaire à ce végétal.

Mêmes choux cultivés en 1917 dans les conditions susdites sans renouveler le fluor. 1er août : égalité apparente des choux avec ou sans fluor. Récolte le 9 novembre.

	Terrain non fluoré.	Terrain fluoré.
Poids de 125 têtes de choux	$105^{kg},700$	$85^{kg},600$

Le fluor ne paraît pas favorable à cette culture.

K. Navet (1917). — Semé le 28 juin. La récolte a été faite le 5 octobre.

	Terre non fluorée.	Terre fluorée.
Poids des tubercules privés de leurs fanes et racines	$64^{kg},700$	54^{kg}

Le fluor n'est donc pas favorable à cette culture qui n'avait pas été tentée en 1916.

L. Pavot (1916). — Semé le 21 avril, levé le 15 mai. En juillet la parcelle non fluorée est sensiblement supérieure. 13 août : même observation, les plantes non fluorées sont plus hautes, plus feuillues; le 7 septembre, égalité apparente; on prend en chaque parcelle le même nombre de plants placés dans les mêmes conditions d'éclairement et de terrain. Récolte le 20 septembre.

	Terre ordinaire.	Terre fluorée.
Poids des graines	250^{g}	285^{g}

Ce résultat favorable nous a surpris; le gain en graines fluorées étant de 14 pour 100, alors que l'aspect des deux végétations paraissait jusqu'en août être en faveur de la non fluorée.

M. Moutarde. — Nous ne l'avons cultivée en plein champ qu'en 1917.

Le terrain, fluoré l'année précédente seulement, avait porté des choux dans les deux cas. La végétation a paru égale des deux côtés. La récolte se fait le 20 août 1919.

	Terrain ordinaire.	Terrain fluoré.
Poids des graines...........	2kg,310	2kg,265

Cette plante semble indifférente au fluor.

N. Poireaux. — Ils ont été repiqués le 10 juillet. Leur culture n'a été tentée qu'en 1917, et comparativement sur le champ à l'état naturel et sur même surface fluorée l'an précédent seulement. 30 octobre : légère supériorité apparente pour la parcelle non fluorée.

10 novembre : récolte.

	Terre non fluorée.	Terre fluorée.
500 poireaux...............	62kg,500	63kg,400

Ainsi, dans ce cas, action légèrement favorable du fluor.

Les résultats de nos cultures en terrains arables fluorés comparativement aux non fluorés peuvent se résumer comme il suit :

Blé. — Accroissement de récolte totale : 13 pour 100. Augmentation des grains : 18 pour 100.

Avoine. — Augmentation de récolte : 12 pour 100; accroissement du grain : 5,20 pour 100.

Carottes. — Gain des fluorées : 17,9 pour 100.

Pomme de terre. — Légère supériorité la première année s'étant élevée à un gain de 58,7 pour 100 l'année d'après.

Betteraves. — Déficit pour les fluorées.

Pois. — Légère supériorité : 5,70 pour 100 en plus la première année; 12,6 pour 100 la seconde.

Haricots. — Égalité.

Choux. — Égalité la première année.

Pavot. — Gain 14 pour 100.

Ainsi le *blé*, l'*avoine*, la *carotte*, la *fève*, le *chou*, les *pois*, le *pavot*, la *pomme de terre*, le *chanvre* lui-même (en pots) c'est-à-dire quelques-uns de nos produits végétaux les plus précieux, sont favorisés, toutes choses restant d'ailleurs égales, par l'addition au sol arable des fluorures et particulièrement du fluorure de calcium en poudre amorphe à la dose de 5kg (1).

---

(1) Le fluorure de calcium cristallisé ou les fluophosphates naturels n'ont pas même efficacité.

Le seigle, l'orge, le sarrazin, le haricot, la moutarde, paraissent insensibles ou peu sensibles à cet engrais. La betterave, le navet, l'oignon sont contrariés par les fluorures.

On remarquera que toutes ces cultures ont été faites en plein champ sur une terre argilo-sablonneuse pauvre, n'ayant reçu aucun engrais, si ce n'est $0^g,200$ de fluorure de calcium *amorphe* par kilogramme de terre arable ([1]) par hectare.

Étant donnée la faible solubilité du fluorure de calcium, on aurait pu sans inconvénient doubler ou tripler sa dose et arriver à des résultats encore plus décisifs, produire peut-être des végétaux plus riches que les naturels en fluor et dès lors peut-être utilisables directement en dictétique.

N'oublions pas que nous avons établi que le fluor accompagne partout le phosphore dans les tissus, qu'il s'assimile et s'élimine avec lui, qu'il semble assurer la fixation de cet élément dans les organes vivants et que ce phosphore lui-même est le grand excitateur de la reproduction des tissus et de la fructification des végétaux. Il semble donc qu'on doive attendre de l'association de ces matériaux, fluorures et phosphates, une augmentation sensible de la vitalité et de la fécondité de nos cultures agricoles. L'addition des fluorures à nos engrais est donc tout indiquée et pleine de promesses ([2]).

Pour ce qui est de son utilisation en diététique, rappelons-nous que le fluor s'élimine chez nous surtout par les produits épidermiques à l'état de fluorure ou fluophosphates excrémenticiels, formes sur lesquelles il ne semble pas pouvoir être directement assimilé par l'animal qui l'emprunte surtout à l'aliment végétal, grâce auquel il redevient utilisable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation catalytique des chlorures forméniques à partir des alcools primaires.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

L'emploi d'oxydes catalyseurs de déshydratation, thorine, alumine, etc., nous a permis antérieurement de réaliser dans divers cas l'action directe sur les alcools de divers agents chimiques, ammoniac ou amines, acide sulfhydrique, acides organiques, phénols, et d'atteindre de la sorte la syn-

---

([1]) Cette tentative paraît avoir été déjà réalisée partiellement, et avec succès, par un industriel de l'Orne, M. Aucher, qui l'a appliquée utilement à diverses cultures.

([2]) Séance du 15 juillet 1919.

thèse de nombreux composés, amines (1), thiols (2), éthers-sels (3), oxydes phénoliques mixtes (4).

Il était permis d'espérer que la méthode d'éthérification directe des vapeurs d'un alcool par les vapeurs d'un acide pourrait être étendue à la formation directe des éthers chlorhydriques des alcools primaires. On sait que, si la production directe des éthers chlorhydriques est aisée à partir des alcools tertiaires, il n'en est pas de même pour les alcools primaires, qu'il faut additionner d'acide sulfurique et surtout de chlorure de zinc pendant l'action du gaz chlorhydrique sur l'alcool bouillant au réfrigérant ascendant, le produit obtenu étant le chlorure primaire, mêlé de chlorure secondaire ou tertiaire isomère (5).

Sur une traînée d'alumine, maintenue à des températures qui ont été, selon le cas, de 370° à 450°, nous avons dirigé un courant de gaz chlorhydrique en même temps que les vapeurs de l'alcool.

A cause de la volatilité excessive du *chlorure de méthyle*, qui est gazeux, et du *chlorure d'éthyle*, qui bout à 12°,5, produits qui sont très difficiles à condenser par un mélange réfrigérant dans le courant rapide de gaz que fournissent l'acide chlorhydrique et l'oxyde de méthyle ou l'éthylène issus de l'alcool, nous avons laissé de côté les *alcools méthylique* et *éthylique* et étudié des alcools primaires à 3, 4, 5 et 7 atomes de carbone. L'action, positive dans tous les cas, conduit à la disparition à peu près totale de l'alcool, qui fournit, à côté d'une certaine dose de carbure éthylénique issu de sa déshydratation pure et simple, le chlorure primaire, associé à des proportions plus ou moins importantes de chlorures isomères secondaires ou tertiaires.

Alcool propylique. — L'alumine étant maintenue vers 420°, une réfrigération énergique (mélange de glace et de sel) fournit un liquide formé de deux couches superposées; la couche inférieure aqueuse, qui tient en dissolution de l'alcool et des chlorures, les restitue en majeure partie à la couche supérieure par addition de chlorure de sodium. Cette dernière est séparée, lavée à la soude, puis à l'eau, et séchée au chlorure de calcium; elle passe

(1) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 898; t. 153, 1911, p. 160 et 1204.
(2) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1217 et 1569.
(3) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 358, 494 et 1044.
(4) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 359.
(5) Schorlemmer, *Ber. chem. Ges.*, t. 7, 1874, p. 1792.

presque entièrement à la distillation entre 37° et 40°, et est formée principalement par le *chlorure secondaire* $CH^3.CHCl.CH^3$ (bouillant à 36°,5), avec une quantité moindre de *chlorure primaire* $CH^3.CH^2.CH^2Cl$ (qui bout à 44°). Le rendement pratique est peu élevé à cause de la grande volatilité de ces chlorures.

La formation prépondérante de chlorure secondaire est facile à expliquer par le dédoublement du chlorure primaire en propylène et gaz chlorhydrique, qui se recombinent de suite en chlorure isopropylique. Nous avions autrefois signalé de telles isomérisations des chlorures primaires en chlorures secondaires ou tertiaires, dans leur dédoublement catalytique au contact du chlorure de baryum (¹).

Alcool isobutylique. — Les résultats sont plus avantageux avec l'alcool isobutylique. En opérant sur l'alumine vers 420°, on condense, dans un vase refroidi par un courant d'eau, deux couches liquides superposées. L'inférieure est de l'eau très acide. La couche supérieure décantée, lavée à la soude et à l'eau, puis séchée, distille en majeure partie vers 55° : c'est un mélange de $\frac{1}{4}$ de *chlorure isobutylique primaire* $(CH^3)^2CH.CH^2Cl$ (qui bout à 68°) et de $\frac{3}{4}$ de *chlorure tertiaire* $(CH^3)^2CCl.CH^3$ (bouillant à 52°), qui est donc le produit principal de la réaction.

Ce résultat pouvait être prévu, car on a constaté depuis longtemps que le chlorure d'isobutyle, chauffé avec du chlorure d'aluminium anhydre dans la méthode de Friedel et Crafts, s'isomérise en chlorure tertiaire qui réagit sur le carbure aromatique mis en œuvre.

Alcool isoamylique. — Les vapeurs d'alcool isoamylique, entraînées par un excès de gaz chlorhydrique sur l'alumine chauffée vers 430°, fournissent, au-dessus d'eau acide, une couche de liquide qui, après lavage et dessiccation au chlorure de calcium, est soumise au fractionnement. On sépare, à côté d'un peu d'amylène, une certaine dose de *chlorure d'isoamyle* $(CH^3)^2CH.CH^2.CH^2Cl$ (qui bout à 100°), et de *chlorure secondaire* $(CH^3)^2CH.CHCl.CH^3$ (qui bout à 91°), et une quantité prépondérante de *chlorure tertiaire* $(CH^3)^2CCl.CH^2CH^3$ (bouillant à 80°). Les proportions respectives de ces trois chlorures sont à peu près comme 1, 2 et 3.

Alcool œnanthylique. — L'alcool œnanthylique ou *heptanol* normal $CH^3(CH^2)^5CH^2OH$ (qui bout à 174°,5), dirigé sur l'alumine à 420°-440°,

---

(¹) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 238.

avec un excès de gaz chlorhydrique, fournit, au-dessus d'eau acide, une couche liquide qui, après lavage et séchage appropriés, est soigneusement fractionnée. On obtient :

1° De l'*heptène*, qui est sans doute un mélange des deux isomères 1 et 2, bouillant vers 99°;

2° Un mélange de *chlorure primaire* $CH^3(CH^2)^5CH^2Cl$ bouillant à 159°, et de *chlorure secondaire* bouillant vers 140°;

3° Une légère fraction passant jusqu'à 250°, constituée par de l'heptanol non transformé, et surtout par un *diheptène*, provenant de la polymérisation de l'heptène, et facile à caractériser par sa combinaison immédiate avec le brome.

Chauffés avec la potasse alcoolique, les chlorures donnent un mélange d'*heptènes* bouillant un peu au-dessous de 100°.

La même réaction peut être réalisée sur l'alumine à température moins élevée n'excédant pas 380° : on diminue ainsi la proportion d'heptène issu de la déshydratation simple de l'alcool, proportion qui ne surpasse pas le cinquième du produit total. En outre, le mélange de chlorures obtenu a un point d'ébullition plus élevé indiquant une dose plus forte de chlorure primaire.

Mécanisme de la réaction. — Les résultats qui précèdent montrent que l'intervention catalysante de l'alumine permet de réaliser facilement la transformation des alcools primaires forméniques en éthers chlorhydriques ou chlorures forméniques isomères issus de leur transposition. Cette production est toujours accompagnée d'une libération de carbure éthylénique, par déshydratation simple de l'alcool.

On peut se demander si la réaction est due à une action du gaz chlorhydrique sur le carbure éthylénique préalablement séparé, ou si le dérivé chloré est produit immédiatement sans passer par cette étape.

Cette dernière interprétation semble la plus vraisemblable, car si l'on applique le procédé à un alcool secondaire, alcool isopropylique ou cyclohexanol, plus facile à dédoubler que les alcools primaires, la formation de carbure éthylénique est presque exclusive, et la dose de chlorure obtenue est minime.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des composés d'addition des acides halogénés à l'acide diphénylarsinique.* Note de MM. **V. Grignard** et **G. Rivat.**

A l'occasion de l'analyse de mélanges de diphénylchlorarsine et d'éthylcarbazol, nous avons reconnu qu'après hydrolyse oxydante (eau oxygénée ou eau de brome), il n'était pas possible d'évaluer l'acide diphénylarsinique par simple évaporation des eaux mères et pesée du résidu. Au cours de l'évaporation progressive des solutions aqueuses d'acide diphénylarsinique en présence d'acide chlorhydrique (ou bromhydrique), il se produit, en effet, deux composés d'addition différents, suivant la concentration de l'acide halogéné. Nous avons été ainsi conduits à faire l'étude systématique de ces corps en partant de l'acide diphénylarsinique pur, fusible à 173°, obtenu par hydrolyse à chaud, en présence d'eau oxygénée, du chlorure de diphénylarsine pur.

I. *Chlorhydrates de l'acide diphénylarsinique.* — 1° Quand on dissout, à chaud, l'acide diphénylarsinique pur dans un excès d'acide chlorhydrique (D = 1,17), étendu de 2^{vol} d'eau environ, on obtient, par refroidissement de la solution, de beaux cristaux monocliniques incolores qui fondent à 111°-111°,5 en tube fermé, sont très peu solubles dans le benzène et l'éther, assez solubles dans le chloroforme.

Par action de la chaleur ou de l'eau chaude, ils se dédoublent en acide diphénylarsinique, fusible à 173°, et acide chlorhydrique.

L'analyse a donné :

Cl pour 100 = 6,42 (par la chaux), As pour 100 = 26,34
(Corius, suivi d'une fusion oxydante, dosage sous forme de pyroarséniate de Mg).

Nous pouvons admettre, pour ce corps, la formule

$$[(C^6H^5)^2As\,O.OH]^2HCl,$$

qui exige

Cl pour 100 = 6,33, As pour 100 = 26,76,

et qui se trouve corroborée par nos autres résultats.

2° Si l'on traite l'acide diphénylarsinique comme tout à l'heure, mais sans diluer l'acide chlorhydrique de densité 1,17, la solution abandonne, par refroidissement, des cristaux différents des premiers. Ce sont des

prismes monocliniques, à base losange, fondant à 134° en tube fermé et se dédoublant encore, par la chaleur ou l'eau chaude, en acide diphénylarsinique et acide chlorhydrique. Mais l'analyse donne cette fois :

Cl pour 100 = 11,99 (par la chaux, dosage pondéral),
» = 11,80 (» , dosage volumétrique),
As pour 100 = 24,45 [arséniate ammoniaco-magnésien (1)].

La théorie pour $(C^6H^5)^2AsO.OH, HCl$ exigerait

(1) Cl pour 100 = 11,89, As pour 100 = 25,13.

Nous avons pu, en outre, doser volumétriquement, côte à côte, l'acide diphénylarsinique et l'acide chlorhydrique résultant de l'hydrolyse aqueuse des cristaux (150^{cm^3} d'eau pour $0^g,5$, au bain-marie). Nous avons reconnu, en effet, que l'acide diphénylarsinique est monoacide à la phénolphtaléine, mais sensiblement neutre à l'hélianthine. Avec ce dernier indicateur, il ne donne qu'un très léger virage qui oblige, cependant, à opérer une correction (au moyen d'un témoin) de l'ordre de 1 pour 100. Par un premier titrage avec de la soude $\frac{N}{10}$, on dose HCl en présence d'hélianthine, puis on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine et l'on titre l'acide diphénylarsinique (2).

Nous avons trouvé ainsi :

	Trouvé.	Théorie.
Acidité totale évaluée en HCl pour 100.......	24,5	24,46
Acidité chlorhydrique en HCl pour 100.......	11,95	12,23

Nous avons enfin établi la relation qui existe entre nos deux chlorhydrates en passant de l'un à l'autre.

En chauffant pendant quelques instants, en solution chloroformique, le mélange équimoléculaire d'acide diphénylarsinique et du corps fondant à 134°, $(C^6H^5)^2AsOOH,HCl$, on obtient, par évaporation, les prismes rectangulaires fusibles à 111°-111°,5 identiques à ceux obtenus directement, c'est-à-dire $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HCl$.

Inversement, en dissolvant dans l'acide chlorhydrique concentré et chaud le corps fondant à 111°, on obtient par refroidissement les cristaux fusibles à 134°.

---

(1) Le déficit en As dans cette analyse s'explique par la difficulté du dosage sous forme d'arséniate ammoniaco-magnésien. Il faut dessécher, comme l'indique Pisani, à 102°-103°; mais dès 105°-110°, suivant la remarque de Treadwell, ce sel à $0,5H^2O$ se déshydrate presque complètement. Aussi nos autres dosages ont-ils été faits à l'état de pyroarséniate de magnésium.

(2) Il est bon de faire bouillir la solution, vers la fin, pour éviter l'action de CO^2.

II. *Bromhydrates de l'acide diphénylarsinique.* — Les bromhydrates ont été obtenus dans des conditions analogues :

1° En dissolvant, à chaud, l'acide diphénylarsinique pur dans l'acide bromhydrique à 40° B. ($d = 1,38$), étendu de 1^{vol} à 3^{vol} d'eau, on obtient, par refroidissement, de beaux cristaux incolores appartenant au système monoclinique, fusibles à 119°,5-120°, en tube fermé, très peu solubles dans l'éther et solubles dans le chloroforme. Leur hydrolyse aqueuse les dédouble en acide diphénylarsinique et acide bromhydrique que l'on peut doser simultanément, comme dans le cas précédent.

Analyse.

	Trouvé.	Théorie pour $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HBr$.
Br pour 100	13,0	13,22
As »	24,50	24,79
Acidité bromhydrique	13,20	13,39
Acidité totale (en HCl)	18,15	18,09

2° En ne diluant pas l'acide bromhydrique, on voit apparaître dans la solution refroidie de beaux cristaux incolores du système monoclinique, fusibles, en tube fermé, à 126°-126°,5, avec légère décomposition. Ils sont moins solubles dans le chloroforme que les précédents, et se dédoublent de même par hydrolyse aqueuse.

Analyse.

	Trouvé.	Théorie pour $(C^6H^5)^2AsOOH, HBr$.
Br pour 100	23,24	23,32
As »	21,65	21,86
Acidité bromhydrique	23,8	23,61
Acidité totale (en HCl)	21,10	21,28

En résumé, nous avons isolé deux types de dérivés halohydriques de l'acide diphénylarsénique :

1° $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HCl$; $[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HBr$;
2° $(C^6H^5)^2AsOOH, HCl$; $(C^6H^5)^2AsOOH, HBr$.

A notre connaissance, le premier type n'avait pas encore été signalé. Quant au second, il a déjà été observé par Michaelis sur les acides dibenzylarsiniques. Il est vraisemblable que notre observation pourra être étendue à d'autres acides diarylarsiniques.

La stabilité de ces composés diminue quand le poids atomique de l'halo-

gène augmente. En effet, les bromhydrates sont moins stables que les chlorhydrates correspondants et s'altèrent assez facilement sous l'influence de l'air, de la lumière et de la chaleur. Nous avons reconnu de plus que l'acide iodhydrique donne des combinaisons analogues, mais beaucoup plus altérables, que nous avons renoncé, pour l'instant, à purifier [1].

Note additionnelle. — M. le professeur Ch. Mauguin a eu l'amabilité d'étudier les cristaux précédents. Voici les résultats qu'il nous a communiqués :

$(C^6H^5)^2AsOOH,HCl$.

Monoclinique :
$a:b:c = 0,8063:1:?$
$\beta = 109°25'$.

Formes obs. : $p(001)$, $m(110)$, $g^3(120)$.

	Obs.	Calc.
Angles (110,1$\bar{1}$0)......	74°30′	»
(110,120)......	19.30	19°25′
(001,120)......	79.30	»

Clivage net suivant (001).

$[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HCl$.
Monoclinique :
$a:b:c = 0,6346:1:0,801$.
$\beta = 94°30'$.

Formes obs. : $m(110)$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(011)$.

Angles (110,1$\bar{1}$0)......	64°18′
(110,011)......	67.25
($\bar{1}$10,$\bar{1}$01)......	49.30

$(C^6H^5)^2AsOOH,HBr$.

Monoclinique :
$a:b:c = 0,790:1:?$
$\beta = 108°26'$.

$p(001)$, $m(110)$, $g^3(120)$.

	Obs.	Calc.
(110,1$\bar{1}$0)......	73°43′	»
(110,120)......	19.27	19°27′
(001,110)......	75.21	»

Clivage net suivant (001).

$[(C^6H^5)^2AsOOH]^2HBr$.

Monoclinique :
$a:b:c = 0,6333:1:0,779$.
$\beta = 93°,56'$.

$m(110)$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(011)$.

	Obs.	Calc
(110,1$\bar{1}$0)......	64°34′	»
(110,011)......	68.8	»
(011,0$\bar{1}$1)......	75.43	»
(011,$\bar{1}$10)......	73.38	73°37′
(011,$\bar{1}$01)......	62	61°50′

S. A. S. le **Prince de Monaco** présente le premier Volume des *Travaux d'océanographie et de biologie marine de l'Institut océanographique de Madrid*.

Ce Volume est le commencement d'une publication périodique avec cartes, planches et gravures dans le texte, qui comprendra les travaux

[1] M. Glaser nous a prêté son concours pour une partie de ce travail.

exécutés en Espagne sous la direction de l'Institut espagnol d'Océanographie, avec la collaboration de savants nationaux et étrangers.

Il représente un grand effort pour apporter une contribution sérieuse à l'étude de la mer en surmontant les nombreuses difficultés d'un début. Il est formé avec le résultat des campagnes accomplies dans la Méditerranée jusqu'en 1916 avec la petite canonnière de l'État « Balboa » sous la direction de M. Odon de Buén, professeur à la Faculté des Sciences de Madrid. Il renferme plusieurs Mémoires du directeur, du professeur Rafaël de Buén qui a fait ses études océanographiques au Musée de Monaco et avec le professeur Thoulet au laboratoire de Nancy, enfin du professeur Ferrer Hernandez (Jaime). Ce sont des graphiques de la profondeur, de la température, de la salinité, etc. obtenus le long de toute la côte espagnole méditerranéenne et du détroit de Gibraltar, avec les instruments et les procédés et selon le plan adoptés dans les accords internationaux établis à Rome en 1914.

Ce sont aussi des travaux cartographiques intéressant la description des fonds dans les mêmes parages, et un compte rendu des travaux obtenus par l'Institut océanographique, avec tous les éléments susdits.

Le premier Volume présente un intérêt spécial pour la France en montrant que la création des laboratoires espagnols est due à l'influence du professeur Lacaze Duthiers, directeur du laboratoire de Banyuls, et à l'appui que Odon de Buén trouva dans ce milieu. Il reconnaît aussi que l'orientation de l'Océanographie en Espagne est inspirée par les enseignements venus des laboratoires de Monaco : par l'appui du Prince Albert de Monaco à qui l'Espagne doit réellement l'impulsion donnée aux savants entraînés dans l'étude des mers qui baignent la péninsule Ibérique.

L'Institut espagnol d'Océanographie a maintenu pendant la guerre des campagnes sur les côtes de la Galice dont les résultats formeront le contenu du second Volume actuellement sous presse : il a, de plus, installé un laboratoire central à Madrid et se dispose à contribuer activement aux investigations qui intéressent les Commissions internationales de la Méditerranée et de l'Atlantique.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Poly-*

technique, en remplacement de MM. *C. Jordan* et *H. Le Chatelier*, membres sortants et rééligibles.

MM. C. **Jordan** et **H. Le Chatelier** réunissent l'unanimité des suffrages.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. le Professeur **Ignace Halpern** envoie un Mémoire sur la *Classification des Sciences de d'Alembert*.

Renvoyé à la Section de Géométrie.

CORRESPONDANCE.

M. **Emanuele Paterno**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la classification des substitutions de certains groupes automorphes à n variables, et sur les relations algébriques qui existent entre n + 1 fonctions quelconques correspondant à certains de ces groupes.* Note de M. **Georges Giraud**.

1. Il existe des groupes automorphes à n variables isomorphes aux groupes des substitutions semblables réelles de formes quadratiques telles que

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2 - x_{n+1}^2 - x_{n+2}^2, \tag{1}$$

avec deux carrés négatifs; il en existe d'autres qui sont isomorphes aux groupes des substitutions semblables d'hermitiens tels que

$$|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2 - |x_{n+1}|^2, \tag{2}$$

avec une norme négative [1] (les deux catégories ont été introduites

[1] Ils sont tous étudiés dans un Ouvrage qui paraîtra prochainement.

pour $n = 2$ par M. Picard; pour $n > 2$, la deuxième est due à M. Fubini).

Si l'on veut étudier d'une manière approfondie ces groupes, il est au moins utile de classer leurs substitutions, de les réduire à certaines formes canoniques. Or des propositions, trop longues à énoncer ici, permettent de trouver sans tâtonnement ces formes canoniques pour les substitutions semblables d'une forme quadratique ou hermitienne *quelconque*, de discriminant non nul; on trouve, par exemple, que si la forme a p carrés négatifs et un nombre quelconque de carrés positifs, la substitution ne peut avoir plus de p couples de multiplicateurs de valeur absolue autre que *un*. Dans les cas qui nous intéressent ici, on fera la classification d'après le nombre et la nature de ces couples, et d'après le nombre et la nature des diviseurs élémentaires Δ_p d'ordre $p > 1$ et de multiplicateur égal à *un* en valeur absolue [p = nombre des variables du diviseur élémentaire dans la forme réduite $X = sx$, $Y = s(x+y)$, $Z = s(y+z)$, ...]. On trouve, pour la forme (1) :

Ou bien 2 couples de multiplicateurs, de valeur absolue différente de *un*, et qui peuvent être : I, réels, donnant lieu à 4 diviseurs élémentaires; II, imaginaires; III, deux à deux confondus, formant 2 diviseurs élémentaires;

Ou bien 1 couple de tels multiplicateurs et, en outre : IV, un Δ_3; V, aucune particularité supplémentaire;

Ou bien il n'y a pas de multiplicateurs différents de *un* en valeur absolue, mais : VI, un Δ_5; VII, deux Δ_3 réels; VIII, deux Δ_3 imaginaires; IX, un Δ_3 entraînant un carré négatif; X, un Δ_3 entraînant deux carrés négatifs; XI, deux Δ_2 (réalité indifférente); XII, aucune particularité.

Donc, 12 cas pour $n \geqq 4$, 10 pour $n = 3$, 8 pour $n = 2$, 3 pour $n = 1$. A chaque cas correspond, pour la substitution ou pour son inverse, une seule forme canonique. On peut faire des subdivisions en tenant compte de la parité du nombre des multiplicateurs ± 1, et même des égalités qui peuvent avoir lieu entre multiplicateurs correspondant à des diviseurs élémentaires différents et qui influent sur la nature des points doubles : c'est ainsi que, dans ma Thèse de Doctorat, j'ai trouvé 22 cas pour $n = 3$.

Pour la forme (2), on trouve seulement :

I, 1 couple de multiplicateurs $re^{i\theta}$, $e^{i\theta} : r$, avec $r \neq 1$; II, un Δ_3; III, un Δ_2; IV, pas de particularité.

Donc, 4 cas pour $n \geqq 2$, 3 pour $n = 1$. On peut dire que la substitution est : I, hyperbolique; II, parabolique du deuxième ordre; III, parabolique

du premier ordre; IV, elliptique. Même remarque que plus haut pour les égalités supplémentaires entre les multiplicateurs.

2. Parmi les groupes correspondant à (2), considérons ceux dont le polyèdre fondamental rayonné ([1]) n'a qu'un nombre fini de faces, et dont une fonction automorphe ne peut pas se prolonger analytiquement hors du *domaine principal, où* (2) *est négatif : alors* $n+1$ *fonctions automorphes quelconques sont liées par une relation algébrique*. La démonstration est, dans certaines parties, beaucoup plus pénible que celle du même fait pour $n=2$, que j'ai énoncé précédemment ([2]).

La marche générale est la même. On démontre successivement que le polyèdre fondamental (quelconque) n'a pas de face sur

$$|x_1|^2+|x_2|^2+\ldots+|x_n|^2-|x_{n+1}|^2=0,$$

et que le polyèdre fondamental (rayonné) n'a que des sommets isolés sur cette multiplicité. Si A est un tel sommet, toute la difficulté se réduit à trouver le sous-groupe G des substitutions du groupe donné qui conservent A. On prouve que G n'a pas de substitution hyperbolique. Si l'on remplace (2) par

$$xz_0+x_0z+\sum_{m=1}^{n-1}|y_m|^2,$$

A étant le point $x=1, y_1=y_2=\ldots=y_{n-1}=z=0$, toute substitution de G est du type

$$X=x+\sum_{m=1}^{n-1}Y_m\,y_m+\alpha z,$$
$$Y_l=\sum_{m=1}^{n-1}a_{l,m}y_m+\beta_m z,$$
$$Z=z.$$

On trouve que l'expression générale des substitutions de G est

$$E_k P^p P_1^{p_1} P_2^{p_2}\ldots P_{2n-2}^{p_{2n-2}}\qquad (k=1,2,\ldots,r),$$

$E_1=1, E_2, \ldots, E_r$ étant des substitutions dont les multiplicateurs, sauf

---

([1]) J'ai plusieurs fois déjà employé cette méthode du rayonnement, sur laquelle on trouvera des renseignements généraux dans l'Ouvrage indiqué ci-dessus.

([2]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 386.

ceux de la première, ne sont pas tous égaux à 1; P est une substitution parabolique du premier ordre à multiplicateurs tous égaux à 1,

$$P = (x, y_m, z; x + \alpha z, y_m, z) \quad (\alpha \text{ purement imaginaire});$$

$P_1, P_2, \ldots, P_{2n-2}$ sont des substitutions paraboliques du deuxième ordre à multiplicateurs tous égaux à 1 (et satisfaisant à d'autres conditions).

De là se conclut sans peine le théorème énoncé, les fonctions automorphes se comportant en A comme des fonctions rationnelles de $e^{\frac{2i\pi x}{\alpha z}}$ et des $\frac{y_m}{z}$.

On peut également, comme pour $n = 2$, former un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre s'intégrant par les fonctions du groupe.

PHYSIQUE. — *Sur les spectres de rayons X des éléments.* Note [1] de M. M. de Broglie, présentée par M. E. Bouty.

A. *Spectre* K *du rhodium.* — La théorie développée par Sommerfeld [2] rattache les différences de fréquence de certaines raies des spectres de rayons X (en particulier la différence des fréquences des deux raies du doublet α de la série K) à un intervalle fondamental de fréquence, mis en évidence dans les spectres de l'hydrogène et de l'hélium pour les longueurs d'onde lumineuses; cet intervalle fondamental a pour valeur, d'après les mesures de Paschen [3],

$$\Delta\nu_H = 0,3645 \quad (\text{à} \pm 0,0045 \text{ près}).$$

Ayant obtenu un bon spectre K du rhodium avec des raies fines et nettes, j'ai pu en mesurer les différences de fréquence avec précision en pointant au microscope les bords des raies du côté des grandes longueurs d'onde, toujours plus nets à cause de la pénétration des rayons dans le cristal analyseur.

On obtient ainsi les résultats suivants (en admettant, pour la longueur d'onde de $K\alpha_2$, $\lambda = 0,616.10^{-8}$ cm) :

(1) Séance du 15 juillet 1919.
(2) *Annalen der Physik*, 1916.
(3) *Ibid.*

Raies.	Différence de fréquence avec α_2.
α_2	o
α_1	$1,16.10^6$ à $\pm 0,02$
β_1	$21,61.10^6$
β_2	$25,65.10^6$

La première différence $1,16.10^6$ permet de calculer $\Delta\nu_{II}$ par la formule

$$\Delta\nu_{II} = \frac{1,16.10^6}{(N-3,5)^4(1+\varepsilon)}$$

dans laquelle N (rang du rhodium) vaut 45 et $\varepsilon = 0,057$. On trouve ainsi

$$\Delta\nu_{II} = 0,369$$

en bon accord avec la valeur optique de Paschen.

Les autres différences de fréquence peuvent être également comparées aux raies L du rhodium par les formules d'additivité

$$K\beta_1 - K\alpha_1 = L\alpha, \qquad K_{\beta_2} - K_{\alpha_1} = L_{\beta_2} \quad \text{(notation de Siegbahn)};$$

l'accord est assez bon pour la seconde relation, mais médiocre pour la première.

B. *Spectre d'absorption* L *du radium.* — J'ai complété l'étude du spectre d'absorption du radium [1] en faisant passer le faisceau incident à travers un tube de celluloïd à paroi mince de 2^{mm} de diamètre, contenant une solution de chlorure de radium (25^{mg} par centimètre cube) assez pure pour que la bande du baryum ne soit pas gênante. Grâce à l'absence du baryum et à la très faible absorption du celluloïd, on voit nettement les deux premières bandes L du radium et l'on peut mesurer les longueurs d'onde suivantes :

Bande L_1.......... $\lambda = 0,802.10^{-8}$ cm
Bande L_2.......... $\lambda = 0,670.10^{-8}$ cm

Une bande faible tombe à $\lambda = 0,707.10^{-8}$ cm et n'a pu recevoir d'attribution certaine, la raie double $K\alpha$ du molybdène, présente à l'état d'impureté dans le spectre du tube Coolidge employé, rend son observation assez douteuse.

La valeur $\lambda = 0,659.10^{-8}$ précédemment donnée (*loc. cit.*) pour L_2 doit être corrigée suivant le chiffre donné plus haut; cette première mesure, exécutée sur une solution de radium contenant une quantité notable de

---

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 854.

baryum et renfermée dans un tube de verre mince, avait été faite dans de mauvaises conditions à cause de la présence du second ordre de la bande d'absorption K du baryum qui tombe précisément au voisinage de la bande L_2 du radium.

Les deux bandes L_1 et L_2 du radium se placent à l'endroit qui convient au nombre atomique 88 attribué à l'élément radium, ce corps ne paraît donc pas, au moins jusqu'ici, présenter d'anomalie due à son caractère fortement radioactif.

PHYSIQUE. — *Radiotélégraphie par rayonnement infra-rouge.* Note de MM. **J. Hebert-Stevens** et **A. Larigaldie**, présentée par M. Branly.

Antérieurement à la découverte de la télégraphie par ondes électriques, les ondes lumineuses étaient déjà considérées comme agent de transmission en télégraphie et en téléphonie sans fil. (Travaux de MM. Bell et Tainter, Mercadier, Ruhmer.)

Les appareils expérimentés se composaient : au poste transmetteur, d'un arc électrique placé dans un projecteur; au poste récepteur, d'un miroir captant le faisceau émis et portant à son foyer un détecteur d'ondes lumineuses; les essais étaient effectués avec la totalité du spectre.

La possibilité d'enregistrer des radiations obscures, toute lumière visible étant masquée, prit un intérêt spécial en temps de guerre, puisqu'elle permettait d'entrevoir un mode de télégraphie secret. Appliqués dans ces conditions, les systèmes précédemment essayés ne donnèrent qu'une portée tout à fait insuffisante.

En perfectionnant l'appareil détecteur, nous avons obtenu des enregistrements de radiations infra-rouges à des distances pouvant atteindre plus de 20 kilomètres. C'est un couple thermo-électrique qui, par sa constance et sa sensibilité, nous a donné les meilleurs résultats.

Dans la pratique de nos essais, la source d'émission consistait en un projecteur à arc ou à lampe électrique, dont le flux lumineux visible était absorbé par un écran filtre : verre noir à l'oxyde de manganèse, gélatine ou cellophane colorée. Ces écrans absorbent 50 pour 100 de l'énergie totale (mesures effectuées à la pile thermo-électrique), mais ne laissent passer aucun rayon pouvant impressionner notre œil.

Le récepteur est un miroir parabolique destiné à capter le maximum d'énergie rayonnante; la pile thermo-électrique se place à son foyer. Cette pile, destinée à

servir de récepteur en télégraphie Morse, a été construite de telle façon que son inertie fût presque nulle.

Une plaque métallique de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur est soudée par fusion autogène à la pointe d'un cristal de grand pouvoir thermo-électrique.

L'épaisseur de la plaque et le diamètre du point de contact ont été aussi réduits que possible pour former un ensemble d'une très faible capacité calorifique. Les meilleurs résultats nous ont été donnés par une plaque de platine et un cristal de tellure trempé et soudé dans le sens de la cristallisation. La soudure est enfermée dans une ampoule de verre avec fenêtre en fluorine ([1]).

Le couple thermo-électrique est monté aux bornes d'un amplificateur à lampes, le courant étant coupé par un tikker à fréquence musicale. Un potentiomètre est intercalé dans le circuit pour annuler tout courant parasite dû à des conditions ambiantes qui occasionneraient une différence de température constante entre les deux soudures.

La diminution de l'énergie rayonnante captée au récepteur est, en principe, proportionnelle à la distance franchie depuis le transmetteur, mais il faut tenir compte du pouvoir absorbant de l'atmosphère, qui devient tantôt faible, tantôt considérable suivant les proportions de vapeur d'eau, brume, poussières, acide carbonique.

Lorsque notre pile thermo-électrique n'est plus employée en télégraphie, mais en pyrométrie, en télémécanique ou pour déceler la présence de corps dont la température diffère de celle de l'ambiance (en mer navires à vapeur ou icebergs), son courant est envoyé dans un galvanomètre assez sensible pour donner une déviation de 3^{mm} à 4^{mm} par microampère (cadre de 2 à 3 ohms).

Pour les navires, nous avons construit un galvanomètre spécial à deux pivots, de même sensibilité que le précédent, pouvant fonctionner dans toutes les positions et n'étant pas influencé par les mouvements de roulis ou de tangage.

Résultats de quelques expériences. — *Septembre* 1918. — Signalisation entre deux postes distants de 14^{km}. Le poste transmetteur était muni d'un projecteur à arc de 1,50. M. le professeur Fabry assistait à l'expérience.

Mai 1919. — Signalisation entre deux postes distants de 7500^{m}; au poste transmetteur, il y avait un miroir de 40^{cm} et une lampe électrique à azote de 800 watts; au poste récepteur on employait un miroir doré de 25^{cm}.

([1]) On aura une idée de la très grande sensibilité de cette pile thermo-électrique par l'expérience suivante :

Notre pile thermoélectrique étant disposée au foyer d'un miroir concave de 25^{cm}, à l'une des extrémités d'un couloir qui était à notre disposition, si l'un de nous se rendait à l'autre extrémité, distante de 55^{m}, le rayonnement de sa tête, émis sur l'axe principal du miroir, puis réfléchi et concentré sur la pile, faisait dévier l'aiguille d'un galvanomètre qui produisait le déclenchement d'un relais avertisseur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de l'éther hexaphosphorique de l'inosite et son identité avec le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes*. Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

La préparation de l'éther hexaphosphorique de l'inosite fut tentée en vain par Neuberg et Kretschmer [1], ainsi que par Anderson [2].

Contardi [3] annonça l'avoir obtenu et le considéra comme identique au principe phospho-organique des graines, mais Carré [4] a fait voir que ce prétendu éther est constitué surtout par de l'acide phosphorique; j'ai moi-même vérifié ce fait avec un produit obtenu, d'après Contardi, à 160°-170°. Du reste, les analyses de cet auteur sont, tantôt concordantes avec la formule de l'éther cherché, tantôt manifestement erronées, comme par exemple dans le cas d'un sel de chaux et de magnésie qui lui donne 66,71 pour 100 de cendres, alors qu'il aurait dû en fournir 83.

Ces échecs tiennent à ce que, pour combiner l'inosite avec l'acide phosphorique, il fallait élever la température jusqu'à un degré incompatible avec l'existence de l'éther hexaphosphorique, très sensible à chaud à l'action des acides, et aussi à ce qu'il se forme en même temps des produits inférieurs, moins riches en phosphore et difficiles à séparer les uns des autres.

Après de longs essais infructueux, j'ai fini par préparer artificiellement l'éther hexaphosphorique de l'inosite en employant comme déshydratant l'anhydride phosphorique et en faisant usage de la méthode de séparation qui m'a permis de l'isoler des extraits naturels de graines.

Dans un flacon bouchant à l'émeri on chauffe, jusqu'à dissolution complète, 6g d'inosite anhydre avec 28g d'acide phosphorique, déshydraté dans le vide à 100°-110°. On ajoute alors à la solution encore chaude 45g d'anhydride phosphorique, par fractions d'environ 10g et à quelques minutes d'intervalle, en ayant soin de le délayer dans la masse avec une spatule et de bien boucher le flacon. La température s'élève et l'on achève la réaction en maintenant le mélange à 120°-130° pendant 3 heures. Le produit, qui est devenu légèrement brunâtre et a pris une consistance mielleuse, est alors versé, encore chaud, dans une capsule renfermant 750cm³ de solution de soude caustique à 15 pour 100 bien refroidie; on concentre sur le bain-marie jusqu'au volume de 500cm³ et on laisse refroidir. Les cristaux d'ortho et de pyrophosphate de soude qui se déposent sont essorés à la trompe et recristallisés dans l'eau pour leur enlever les éthers phos-

---

(1) *Bioch. Zeitsch.*, t. 36, 1911, p. 5.

(2) *Journ. of Biol. Chemistry*, t. 11, 1912, p. 484.

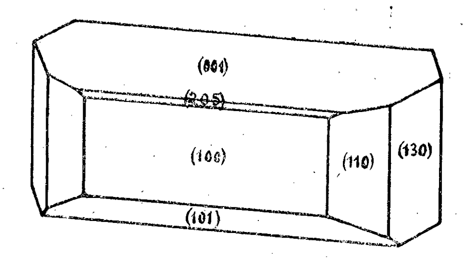
(3) *Atti della reale Acca l. dei Lincei*, t. 19, 1910, p. 23, et t. 18, 1909, p. 64.

(4) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. 9, 1911, p. 195.

phoriques qui les imprègnent; les eaux-mères, concentrées à deux reprises différentes, sont traitées de la même manière. Finalement la solution sirupeuse, mélange d'éthers polyphosphoriques d'inosite, à l'état de sels de soude, de soude en partie carbonatée, avec encore un peu de pyrophosphate, est étendue avec 1^l d'eau, acidulée par l'acide acétique et précipitée par l'acétate de chaux. Il ne reste plus qu'à transformer ces sels en sel de chaux et de soude cristallisé, suivant le mode opératoire que j'ai fait connaître dans une précédente communication (1).

Les choses se passent de la même manière, sauf qu'au moment de la saturation des éthers par la soude 10 fois normale, il reste un peu d'insoluble et qu'il se dépose d'abord, après filtration, une certaine quantité de globoïdes qu'on sépare par décantation au bout de 24 heures. La cristallisation du sel double n'a lieu que plus tardivement et dure de 3 à 4 jours; après essorage, lavage à l'eau et dessiccation sur l'acide sulfurique, on en obtient, pour les proportions précédentes, de 1^g à $1^g,6$, ce qui correspond à un rendement de 3 à 5 pour 100. J'ai pu ainsi en rassembler une dizaine de grammes à l'état pur.

Le produit préparé de cette manière ne se distingue en rien de celui qu'on obtient en partant de la phytine naturelle. Séché dans l'étuve à 120°, il répond à la même formule $C^6H^{12}O^{27}P^6Ca^2Na^8$ et se laisse également transformer, par l'intermédiaire de son dérivé ferrique, en sel de soude



saturé $C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12}$. Comme pour les produits naturels il est impossible de déshydrater tous ces corps sans les décomposer.

Les cristaux du sel double étant mesurables, M. R. Sabot a bien voulu les soumettre à un examen cristallographique.

L'inosito-hexaphosphate saturé de soude cristallise dans le système monoclinique, avec allongement de préférence suivant l'arête ph^1 et aplatissement selon p.

Les mesures ont conduit aux résultats suivants :

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1216.

Faces.	Produit synthétique. ρ.	Produit synthétique. φ.	Produit naturel. ρ.	Produit naturel. φ.	Moyennes. ρ.	Moyennes. φ.
(100)......	90°	0°	90°	0°	90°	0°
(110)......	90	329.29′	90	329.25′	90	329.27′
(130)......	90	300	90	299.42	90	299.51
($\bar{1}$30)......	90	240.54	90	240.51	90	240.53
($\bar{1}$10)......	90	211.19	90	211. 8	90	211.14
($\bar{1}$00)......	90	180.10	90	179.48	90	180
($\bar{1}\bar{1}$0)......	90	149.32	90	149.32	90	149.32
($\bar{1}\bar{3}$0)......	90	120. 1	90	119.45	90	119.53
(1$\bar{3}$0)......	90	60.58	90	61. 3	90	61
(1$\bar{1}$0)......	90	31.22	90	31.20	90	31.21
(001)......	18.17′	0	18. 9′	0	18.13′	0
($\bar{1}$01)......	35.19	180	35.21	180	35.20	180
(205)......	36.49	0	»	»	36.49	0

D'après les moyennes, les éléments de la forme primitive sont :

$$ZX = 108°13'; \qquad a : b : c = 0,630066 : 1 : 0,639015.$$

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à g' et la bissectrice Np est approximativement perpendiculaire à p.

Il y a évidemment identité entre les deux produits ; nous pouvons donc conclure que le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes possède bien la constitution de l'éther hexaphosphorique de l'inosite, malgré les 3^{mol} d'eau qu'il renferme en excès et qu'il retient obstinément. On pensera toujours à cette particularité lorsqu'il s'agira d'identifier ce principe et de le distinguer de ses produits de dégradation qui se rencontrent aussi dans certaines productions végétales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chlorhydrine sulfurique sur le sulfate acide de méthyle.* Note de MM. **R. Levaillant** et **L.-J. Simon**, transmise par M. Ch. Moureu.

I. Le sulfate acide et le sulfate neutre de méthyle peuvent s'obtenir au moyen de la chlorhydrine sulfurique et de l'alcool méthylique (Claesson, Ullmann). Versé lentement dans la chlorhydrine refroidie au-dessous de — 5° l'alcool méthylique agit comme il le fait sur un chlorure acide :

l'acide chlorhydrique se dégage et le sulfate acide de méthyle reste

$$(1) \qquad SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown OH\end{matrix} + CH^3OH = HCl + SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3 \\ \diagdown OH\end{matrix}.$$

D'autre part, lorsqu'on essaie de distiller dans le vide ce sulfate acide, il se décompose au-dessous de 130°-140° en sulfate diméthylique qui distille et acide sulfurique résiduel

$$(2) \qquad 2SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3 \\ \diagdown OH\end{matrix} = SO^4(CH^3)^2 + SO^4H^2.$$

Le rendement en sulfate diméthylique fourni par la succession des réactions (1) et (2) est supérieur à 80 pour 100 comme nous l'avons vérifié.

II. Le sulfate acide de méthyle résultant de la réaction (1) peut à son tour subir l'action de la chlorhydrine sulfurique : il est transformé en chlorosulfonate de méthyle, éther méthylique de la chlorhydrine envisagée comme acide chlorosulfonique. On a intérêt à opérer vers 90°-100°

$$(3) \qquad SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown OH\end{matrix} + SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3 \\ \diagdown OH\end{matrix} = SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown OCH^3\end{matrix} + SO^4H^2.$$

Si, quantitativement, la réaction pouvait être ainsi formulée, le phénomène global serait à son tour représenté par la formule suivante résultant de l'association des formules (1) et (3) :

$$2SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown OH\end{matrix} + CH^3OH = SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown OCH^3\end{matrix} + SO^4H^2 + HCl.$$

On n'aurait ainsi qu'une représentation inexacte et beaucoup trop simpliste. Pour permettre d'apprécier sa complexité, décrivons succinctement le mode opératoire.

Après avoir chauffé au bain-marie entre 90° et 100° pendant quelques heures le mélange de chlorhydrine et de sulfate acide de méthyle, on procède à la distillation sous pression réduite : le chlorosulfonate de méthyle commence à passer vers 40° sous la pression de 16^{mm}; on le recueille vers 50°-55° accompagné d'un peu de chlorhydrine sulfurique (portion A). On continue la distillation en élevant peu à peu la température du bain de chauffe jusqu'à 190°-200°; la chlorhydrine distille d'abord accompagnée d'un peu de chlorosulfonate de méthyle, puis du sulfate diméthylique dont une grande partie provient de la réaction (2) (portion B). Finalement il reste de l'acide sulfurique retenant opiniâtrément une petite quantité de sulfate acide de méthyle.

La réaction (3) n'est donc pas complète : ni la chlorhydrine sulfurique,

ni le sulfate acide de méthyle ne disparaissent complètement par leur mutuel antagonisme. On retrouve à la distillation une partie de la chlorhydrine dans les portions A et B; le sulfate acide de méthyle, qui n'a pas réagi, subit à 140° l'autodécomposition représentée par la formule (2) et se retrouve sous forme de sulfate diméthylique.

La réaction (3) est donc limitée et, bien que nous n'ayons pas étudié la réaction inverse, toutes les présomptions sont pour la considérer comme une réaction d'équilibre.

En faisant varier les proportions des deux substances réagissantes on fait varier la proportion de chlorosulfonate recueilli : avec 2^{mol} de sulfate acide de méthyle et 1^{mol} de chlorhydrine on recueille $0^{mol},5$ de chlorosulfonate; en employant vis-à-vis d'une molécule de sulfate acide des quantités croissantes (1^{mol}, $1^{mol},5$, 2^{mol} de chlorhydrine), le chlorosulfonate croît de $0^{mol},4$ à $0^{mol},6$.

III. Cet équilibre n'est pas le seul à intervenir; un autre vient accroître la complexité du phénomène :

$$SO^2\langle{}^{Cl}_{O\,CH^3} + SO^2\langle{}^{OH}_{O\,CH^3} \rightleftarrows SO^2\langle{}^{OH}_{Cl} + SO^2\langle{}^{O\,CH^3}_{O\,CH^3}.$$

La réaction prépondérante est celle qui se lit de droite à gauche. Une partie du chlorosulfonate engendré dans la réaction (3) réagit sur le sulfate acide de méthyle pour régénérer de la chlorhydrine sulfurique et engendrer une certaine quantité de sulfate diméthylique. Le sulfate diméthylique qui se trouve dans la portion B a donc une double origine : pour une faible part, cette réaction, qui s'effectue à 90°-100°, et, pour une plus importante, l'autodécomposition du sulfate acide de méthyle, qui n'a une vitesse notable qu'à 130°-140°.

Par le jeu de ces diverses réactions, on a donc finalement un mélange de cinq substances : acide sulfurique, ses éthers méthyliques, la chlorhydrine sulfurique et le chlorosulfonate de méthyle. *Le rendement en chlorosulfonate de méthyle est environ moitié du rendement théorique.*

Le chlorosulfonate ainsi obtenu n'est pas pur : il peut renfermer environ 10 pour 100 d'impuretés constituées surtout par la chlorhydrine sulfurique. On le purifie soit en versant le liquide sur du sel marin fondu et pulvérisé et distillant ensuite sous pression réduite, soit en agitant le liquide avec un mélange d'eau et de glace, décantant, séchant et distillant.

Le chlorosulfonate de méthyle pur est un liquide incolore qui a pour

densité, à 0° 1,514, et à 15° 1,492; la variation de densité est de 0,0015 par degré. Il est très violemment lacrymogène. Il bout à 42° sous la pression de 16mm, et à 134°-135° sous la pression de 760mm; quand il est pur, il bout sous décomposition à la pression ordinaire, en quoi il se distingue de son homologue le chlorosulfonate d'éthyle (Wilcox). On peut le congeler à l'aide d'un mélange de neige carbonique et d'acétone; il fond vers − 70°. Son indice de réfraction $n_D = 1,414$ à 17°.

Il est miscible à un grand nombre de liquides organiques : tétrachlorure de carbone, chloroforme, benzène, éther de pétrole. Il est également miscible aux autres dérivés chlorés ou méthylés de l'acide sulfurique, mais pas à l'acide sulfurique lui-même.

GÉOLOGIE. — *Sur les écailles ou nappes de charriage de la région d'Alais (Gard).* Note de M. **Paul Thiéry**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Communication récente [1], j'ai apporté quelques arguments en faveur de l'idée, déjà ancienne, que la série sédimentaire du pays d'Alais (Gard) a été l'objet de déplacements horizontaux, autrement dit de charriages. Voici encore des observations à l'appui de cette même idée, observations à rapprocher de celles de MM. Pierre Termier et Georges Friedel [2].

Le pays alaisien autochtone, ou presque autochtone, est constitué par : Micaschistes, Houiller, Trias, Hettangien, Sinémurien, Charmouthien et Toarcien. La première écaille, ou, si l'on veut, la première nappe que l'on voit posée sur lui, comprend toute la série jurassique depuis le Charmouthien. *Cet étage et le Toarcien ont, dans l'écaille, un faciès différent de celui que présentent les mêmes terrains dans le pays autochtone.* On voit la nappe, presque complète, au sud-ouest d'Alais, près du hameau de Valz. Je dis presque complète, car, comme toujours, elle comporte des lacunes et des réductions d'épaisseur d'étages : le Bathonien n'est visible qu'en quelques points, au nord de Saint-Ambroix; il renferme parfois des grains de quartz (Saint-Brès) et des fragments de micaschistes (Saint-Brès, la Voulte); ces éléments étrangers ont été arrachés par la nappe aux terrains sur lesquels elle est passée. L'Oxfordien (marnes à ammonites pyriteuses) ne se voit qu'aux environs des Vans; il a été, le plus souvent, laminé, comme l'Argo-

(1) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 902.
(2) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1034 et 1290.

vien inférieur (couche à Spongiaires) qui n'est visible qu'à Saint-Brès et à La Voulte.

Le contact de la nappe charriée avec son substratum se fait le plus souvent par le Bajocien; néanmoins on voit parfois (Saint-Brès, Saint-Ambroix, Saint-Jean-de-Valériscle) la superposition du Toarcien de la nappe sur celui du pays autochtone. Le premier est représenté par des *schistes-cartons* bitumineux à *Leptolepis Bronni*, tandis que le second ne comprend que des marnes grises, friables, souvent un peu jaunâtres, contenant quelques couches de calcaire grisâtre plus ou moins schisteux.

L'affleurement de la surface de base de cette première écaille décrit une ligne sinueuse passant par : Montagne de Saint-Germain, Saint-Martin-de-Valgalgues, Saint-Jean-de-Valériscle, Saint-Ambroix, Mas-de-l'Air. Je crois qu'il se prolonge au Nord par Aubenas, Privas, La Voulte.

Sur cette première écaille repose une écaille infra-crétacée, qui s'avance plus ou moins sur la série jurassique, en refoulant celle-ci tant sur le pays autochtone que sur elle-même, comme on peut s'en rendre compte dans le vallon de Rouvègne, au nord de Saint-Martin-de-Valgalgues. La limite extrême de cette deuxième nappe est plus ou moins parallèle à celle de la nappe jurassique : elle décrit une ligne sinueuse passant par : Alais, Les Mages, Saint-Ambroix, Saint-André-de-Cruzières. Je la prolonge provisoirement au Nord par Berrias, Vogué, Col de l'Escrinet, Le Pouzin.

Ces divers déplacements n'ont, le plus souvent, affecté que superficiellement le substratum, dans lequel ils ont déterminé la formation d'écailles secondaires, sortes de lambeaux de poussée. Mais, le long de la bordure de micaschistes, ils ont entraîné la production de plis qui ont apporté des modifications dans les couches sous-jacentes, plus particulièrement dans le Houiller.

J'ai cité plusieurs fois les gisements de Saint-Brès et de La Voulte qui, de tout temps, ont exercé la sagacité des géologues et des paléontologistes. Situés dans la nappe jurassique dont j'ai parlé précédemment, et probablement près du front de cette nappe, ces gisements sont constitués par une *mylonite* comprenant les éléments suivants : grains de quartz, fragments de micaschistes, Bathonien inférieur (calcaires marneux noirâtres à *Lytoceras tripartitum*), Bathonien supérieur (calcaire encrinitique à *Oppelia aspidoïdes*), Callovien inférieur (marnes à *Posidonomya alpina*), Argovien inférieur (marnes à Spongiaires et à Échinides). On voit ces couches *en place* à Saint-Brès et à La Voulte, et l'on y recueille des espèces que l'on retrouve dans la mylonite; le tout a été classé comme Bathonien, en raison de la

présence d'ammonites bathoniennes dans la mylonite et parce que les marnes à Spongiaires sont situées sous le Callovien à *Reineckeia anceps*.

En réalité, la nappe est reployée sur elle-même; la partie inférieure du repli (couches en place de Saint-Brès et de La Voulte), comprimée contre le horst formé par le pays autochtone, a été réduite partiellement en mylonite; il en est de même dans toute la bande qui, de La Voulte à La Chapelle-sous-Aubenas, marque la limite de la nappe jurassique.

Contrairement à l'opinion accréditée jusqu'ici, il n'existe donc pas, dans ces gisements, une faune particulière comprenant un certain nombre d'espèces qui, apparues dès le Bathonien, auraient persisté jusqu'à l'Argovien : *il y a simplement un mélange de fossiles* et ceux-ci doivent être rangés dans les terrains où on les rencontre normalement. En particulier, *Balanocidaris Euthymei* Dumas (*cidaris*), considéré à tort comme identique à *Balanocidaris pilum* Michelin (*cidaris*) de l'Aptien, appartient à l'Argovien inférieur.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la genèse des formes de terrain appelées* rideaux *en pays crayeux*. Note (1) de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

On désigne sous le nom de *rideaux* des ressauts de terrain formant des talus escarpés plus ou moins étendus, sur les pentes régulières des versants, dans les paysages de craie. Ces accidents se prêtent plus facilement à la culture sur le flanc des vallées, ils sont particulièrement fréquents en Picardie.

La question de leur origine a suscité maints travaux qui ont été très bien résumés et discutés par M. A. Demangeon dans sa Thèse de doctorat (2). Les *rideaux* ont d'abord été considérés comme des « terrasses diluviales » (3), mais cette idée a été abandonnée pour laisser place à deux interprétations très différentes : l'une de Henri Lasne, l'autre de Albert de Lapparent.

Lasne croit devoir établir un parallélisme entre la direction des diaclases

(1) Séance du 15 juillet 1919.

(2) *La Plaine picarde*. Étude de géographie sur les plaines de craie du nord de la France, Paris, A. Colin, 1905, p. 44-48.

(3) Buteux, *Esquisse géologique du département de la Somme*, Paris, F. Savy, 1849, p. 92.

qui affectent la craie et celle des *rideaux*. Il suppose que les eaux d'infiltration à travers ces diaclases se réunissent, en profondeur, en une nappe aquifère au contact de laquelle s'opère une dissolution du carbonate calcique : d'où la formation de cavités souterraines et affaissements consécutifs des masses superposées. En somme, les *rideaux* dessineraient, à la surface, le rejet de failles de tassement [1].

A. de Lapparent réfute avec force cette théorie. Il admet que « les rideaux sont l'effet de la régularisation, par le labourage, de tous les accidents naturels qui interrompent la régularité de la pente d'un versant [2] » et il attribue ces accidents à des différences de dureté de la craie, quelquefois à l'affleurement d'une diaclase, ailleurs à d'anciens éboulements. Mais les arguments apportés par H. Lasne, à la suite de cette discussion [3], ont fait généralement adopter sa manière de voir [4].

Au cours d'une excursion dans la vallée de la Seine, j'ai été frappé de voir, sur les pentes crayeuses situées en aval de Mantes, des décollements de l'argile à silex qui m'ont fait penser à la formation des « rideaux ».

Aux environs de Bonnières, ces affleurements crétacés, avec leur modelé caractéristique (downs), sont régulièrement recouverts par une couche plus ou moins mince d'argile rouge, avec nombreux silex, résultant indiscutablement de la décalcification de la craie sous l'influence des eaux superficielles. Or cette argile à silex se décolle sur les pentes par bandes plus ou moins étendues qui laissent apparaître une ligne crayeuse à leur partie supérieure, tandis qu'un bourrelet d'épaississement se forme à leur partie inférieure.

J'ai expliqué ce phénomène par l'action de la pluie qui, en délayant l'argile à silex, lui a donné une certaine plasticité et lui a permis de glisser, de *couler* sous l'effet de son propre poids. Et il m'a paru intéressant de voir ce qu'il pouvait en résulter dans un pays de craie.

J'ai choisi, à ce sujet, la zone côtière de la Picardie comprise entre la Somme et la Bresle, et cela pour deux raisons : d'abord parce que la falaise marine est bordée par des pâturages, les plateaux limoneux seuls étant soumis à la culture; ensuite parce que la falaise abrupte pouvait m'offrir

---

(1) *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 73.
(2) *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 660.
(3) A. de Lapparent, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 29, 1890, p. 1. — H. Lasne, *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 763, etc.
(4) A. Demangeon, *loc. cit.*, p. 48.

de belles coupes naturelles, constamment rafraîchies sous la sape continuelle de cette muraille d'une blancheur éclatante.

Voici ce que j'ai observé :

Entre Onival et Mers, la côte est sillonnée par une série de *vallées mortes* qui, par suite de l'empiètement de la mer, sont actuellement suspendues ; on sait qu'elles sont désignées sous le nom de *valleuses*. Les croupes crayeuses qui séparent deux valleuses consécutives sont assez souvent inclinées vers la côte et le bord supérieur de l'abrupt dessine une ligne régulièrement sinueuse. Des « rideaux », élevés parfois de plus de 10^m, suivent grossièrement les courbes de niveau sur les versants des valleuses, offrant aussi des inflexions capricieuses qui semblent devoir écarter, au premier abord, l'idée de ressauts par rejets de failles et aussi celle d'un aménagement pour la culture, en supposant toutefois que cette région de pâturages ait jamais été labourée.

Au bord de la falaise, la coupe naturelle est encore plus instructive. En descendant la pente d'une valleuse, on voit l'argile à silex, d'abord très mince, s'épaissir en approchant d'un « rideau » et, là, atteindre sa puissance maximum représentée par la hauteur de cet escalier gigantesque ; puis, au-dessous du « rideau », on voit l'argile de décalcification disparaître, reprendre un peu plus bas et s'épaissir à nouveau pour offrir encore son maximum dans le « rideau » sous-jacent. Enfin, le fond de la valleuse est toujours encombré par une accumulation importante de l'argile superficielle.

Il ne me semble pas douteux que ces « rideaux » correspondent aux bourrelets d'argile à silex que j'ai observés dans la région de Bonnières. Quant à la bande de craie qui se trouve immédiatement au-dessous de chacun d'eux, elle témoigne du décollement d'un paquet de ces terres argileuses par glissement sous l'effet de la pesanteur, après un délayement par les eaux de pluie.

De plus, je n'ai observé nulle part, au-dessous de chaque « rideau », le moindre jeu des diaclases et cette observation est facile sur la falaise, la stratification de la craie y étant finement tracée par des lignées de petits silex noirs interstratifiés : je n'ai pas vu la moindre dénivellation de ces couches très régulières.

Ainsi, dans la région que j'ai parcourue, si remarquable par ses « rideaux », l'interprétation de Lasne doit être abandonnée. Celle d'Albert de Lapparent n'est pas, non plus, applicable, mais il est facile de comprendre pourquoi ces accidents de terrain sont recherchés par l'agriculteur.

Ces bourrelets de glissement offrent évidemment un sol plus accessible à la charrue, car leur partie supérieure est presque horizontale, comparée aux pentes du versant ; mais à cette circonstance favorable, d'ordre topographique, vient s'ajouter la qualité du *sol*. J'ai constaté, en effet, que chaque « rideau » était recouvert par une couche de limon qui résulte de l'entraînement, par les eaux de ruissellement, des éléments fins de l'argile à silex délayée sur les pentes. Le bourrelet formé par le tassement de cette

argile de surface sur la ligne d'arrêt d'un paquet en progression a formé, en quelque sorte, barrage et a contraint les eaux de ruissellement à déposer leur limon. J'ai même vu, au bord de certains d'entre eux, de petits talus, hauts de quelques décimètres, qui m'ont paru artificiels, et je ne serais pas surpris qu'ils aient été aménagés par la main de l'homme pour arrêter les eaux d'écoulement et les forcer à déposer sur le « rideau » leurs éléments fertilisants.

Enfin, presque invariablement, la craie apparaît immédiatement au pied du « rideau ». On se trouve là sur la ligne de décollement de la bande d'argile à silex qui, par sa descente, a donné naissance au « rideau » sous-jacent.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les fosses alvéolaires, les périodontes, les loges alvéolaires et les alvéoles des éléphants et des mastodontes.* Note de M. **Sabba Stefanescu.**

I. D'après Georges Cuvier, chaque molaire d'éléphant est produite dans un sac membraneux « logé dans une cavité osseuse de la même forme que lui, creusée dans l'os maxillaire, et qui doit former un jour l'alvéole de la dent »; mais, d'après les résultats de mes recherches, la cavité osseuse en question est une poche osseuse, que j'appelle *périodonte*, formée autour du germe de la molaire, *indépendante à l'origine de l'os maxillaire*, et logée dans la *fosse alvéolaire* de cet os.

a. Par *fosse alvéolaire* on doit entendre la grande excavation intérieure longitudinale qui existe dans chaque moitié de maxillaire, dès son organisation chez le fœtus.

b. La muqueuse buccale d'un fœtus d'éléphant d'Afrique que j'ai examiné présente quatre régions allongées, ridées et boursouflées, qui correspondent aux quatre moitiés des deux maxillaires. Un cordon dentaire, fusiforme, mou et blanchâtre, attaché à chacune de leurs faces inférieures, est logé dans la fosse alvéolaire d'au-dessous. Ce cordon est formé de trois germes de molaires, rangés à la file; le premier et le deuxième complets, le troisième incomplet; la partie postérieure grêle de ce dernier se continue avec la partie terminale du cordon dentaire, laquelle, chez le maxillaire inférieur, se prolonge dans le canal dentaire de la branche ascendante.

Chez le fœtus, il n'y a donc que trois germes de molaires, ce qui concorde

parfaitement avec l'observation de Pierre Camper ([1]) et avec l'affirmation de Georges Cuvier ([2]), qui « n'a jamais trouvé ni plus ni moins de trois dents à la fois » chez des éléphants jeunes : « une petite molaire prête à tomber, une seconde en pleine activité et un germe occupant le fond de l'arrière-mâchoire ».

II. D'après de Blainville, l'observation que les germes des molaires des éléphants « sont poussés horizontalement dans une même fosse alvéolaire commune à tous et n'étant séparés que par des cloisons fort minces » est due à Adrien Camper, mais aucun auteur ne nous renseigne sur l'origine de ces cloisons.

Par ce qui suit, je vais combler cette lacune :

a. Sur les squelettes des mâchoires des très jeunes éléphants on trouve toujours les trois molaires de lait, mais tandis que la première est implantée dans un périodonte complètement organisé et fusionné à l'os maxillaire, *c'est-à-dire dans une alvéole*, et que la seconde est logée dans un périodonte jeune, fusionné ou non à l'os maxillaire, mais délimité de toutes parts, *c'est-à-dire dans une loge alvéolaire*, la troisième, qui est incomplète, a seulement sa partie antérieure encapuchonnée par du périodonte, qui s'organise d'avant en arrière, exactement comme la couronne et la racine de la molaire.

b. Les périodontes se suivent à la file, comme les molaires elles-mêmes, dans les fosses alvéolaires qu'ils remplissent.

c. Papyracé et indépendant à son origine, le périodonte prend d'abord la consistance du feutre, devient ensuite spongieux ou celluleux et finalement osseux, plus ou moins compact. En même temps, il adhère, par places d'abord, totalement ensuite, à l'os maxillaire et aux périodontes voisins, pour former avec ceux-ci deux cloisons séparatrices, l'une en avant, l'autre en arrière, concaves en haut ou perforées au milieu, c'est-à-dire semi-lunaires ou annulaires. Par la concavité ou par la perforation des cloisons séparatrices, les couronnes des molaires voisines arrivent en contact direct; chacune d'elles soulève et pousse la molaire d'avant et, à son tour, est soulevée et poussée par celle d'en arrière.

([1]) *Ostéographie*, par de Blainville (*Éléphants*, p. 50-57).

([2]) *Éléphants vivants et fossiles*, p. 71.

d. Le périodonte moule le germe de la molaire et pénètre dans les espaces qui séparent les vallées de la couronne et dans celles qui séparent les branches de la racine de la molaire en formation; les proéminences costiformes qui tapissent ses parois latérales et les anfractuosités qui garnissent son fond lui appartiennent. Par la structure différente des parties externe et interne des parois d'un périodonte, on peut distinguer ce qui lui appartient en propre de ce qui appartient à l'os maxillaire et aux périodontes voisins, auxquels il a adhéré ou fusionné.

e. Le germe de chaque vraie molaire inférieure commence à s'organiser lorsqu'il est emprisonné dans le canal dentaire; la partie postérieure de son périodonte se prolonge en arrière, de sorte qu'elle peut être touchée et pressée avec le bout du doigt introduit par l'orifice du canal dentaire. Dans cette circonstance, le périodonte jeune, mince et papyracé, peut être perforé facilement, mais le périodonte âgé, épais et osseux, ne se laisse pas perforer.

f. Cette expérience est plus facile à tenter sur le périodonte de la troisième molaire inférieure vraie, dont la partie postérieure se prolonge en arrière jusqu'à l'orifice du canal dentaire, sans contracter la moindre adhérence avec les parois internes de ce canal. S'il s'agit de la mâchoire d'un éléphant indien, le prolongement du périodonte en question est caudiforme, conique ou trigone, et n'atteint pas l'orifice du canal dentaire, qui reste entièrement ouvert, mais s'il s'agit de la mâchoire d'un éléphant africain, ce même prolongement du périodonte est en forme de cornet comprimé verticalement et terminé obliquement en biseau; il bouche incomplètement l'orifice du canal dentaire et ressemble, en apparence, à un opercule de gastéropode ou à une palette de peintre. Par ce caractère, on peut reconnaître à première vue, et même de loin, le maxillaire inférieur de l'espèce africaine et le distinguer de celui de l'espèce indienne.

g. La structure lâche, spongieuse et celluleuse du périodonte lui donne une sorte de plasticité, qui permet la progression des molaires dans les fosses alvéolaires.

h. La situation du périodonte justifie l'affirmation qu'il est produit par une membrane interposée entre les molaires et les parois des fosses alvéolaires. Après la chute d'une molaire, l'alvéole vidée se comble, par le périodonte qui continue à être produit par la membrane mère, et par la molaire qui vient prendre la place de celle qui est tombée.

III. Les alvéoles des éléphants et des mastodontes sont construites d'après un seul et même plan. Chacune d'elles est divisée par une cloison transversale en deux chambres, l'une antérieure plus petite, occupée par la R_a, et l'autre postérieure plus grande, occupée par la R_p ou par les R_i et le C_p. Le milieu de la cloison transversale est marqué par une proéminence caréniforme, qu correspond à la dépression longitudinale ou sillon infraradical de la racine.

La plus simple des alvéoles des éléphants est celle de la première molaire de lait ; toutes les autres alvéoles des autres molaires sont plus ou moins déformées, par la grosseur de la couronne et par la ramification plus ou moins abondante de la racine. Pourtant, l'alvéole la plus déformée, comme, par exemple, celle de la troisième molaire inférieure vraie d'*Elephas primigenius*, présente encore, quoique très surbaissée et à base très large, la cloison transversale et sa proéminence caréniforme.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 16 juin 1919.)

Note de M. *H. Deslandres*, Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes :

Page 1181, ligne 8, *au lieu de* ils ne donnent pas les bandes rouges du spectre, *lire* ils ne donnent pas les bandes jaunes du spectre.

Page 1182, ligne 10, *au lieu de* on calcule les bandes rouges du spectre, *lire* on calcule les bandes jaunes du spectre.

(Séance du 30 juin 1919.)

Note de MM. *Henri Abraham* et *Eugène Bloch*, Amplificateurs pour courants continus et pour courants de très basse fréquence :

Page 1322, lignes 6, 15, 17, *au lieu de* décèlement, *lire* redressement.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PARASITOLOGIE. — *Sur quelques Flagellés d'Insectes obtenus en culture pure et en particulier sur* Crithidia melophagi. Note de MM. **A. Laveran** et **G. Franchini.**

L'étude des *Leishmania*, agents de plusieurs maladies très répandues, ayant conduit à supposer qu'il existait une relation phylogénétique entre ces parasites et les Flagellés d'Insectes, il était indiqué d'entreprendre des recherches expérimentales sur cette question; c'est ce que nous avons fait dès 1913 (¹).

Pour poursuivre ces recherches dans de bonnes conditions, il était nécessaire d'obtenir des cultures pures des Flagellés d'Insectes. En 1915, nous avons réussi à cultiver *Herpetomonas ctenopsyllæ*, parasite de la puce de la souris, *Ctenopsylla musculi* (²). En 1919, nous avons obtenu des cultures pures de *Herpetomonas ctenocephali*, parasite de la puce du chien, *Ctenocephalus canis* (³), et de *Crithidia melophagi*, du mélophage du mouton, *Melophagus ovinus*. C'est de ce dernier Flagellé que nous nous occuperons spécialement dans cette Note.

Il est assez facile d'obtenir des cultures pures des *Herpetomonas* des puces dans le milieu de Novy simplifié; les bactéries sont en effet rares ou très

(¹) A. Laveran et G. Franchini, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 744; t. 158, 1914, p. 770, et *Soc. de Path. exotique*, 8 juillet 1914. — A. Laveran, *Leishmanioses*, 1917, p. 33-44.

(²) A. Laveran et G. Franchini, *Soc. de Path. exotique*, 12 mai 1915.

(³) A. Laveran et G. Franchini, *Soc. de Path. exotique*, 11 juin et 9 juillet 1919.

rares dans le tube digestif de ces insectes, principalement lorsque l'infection par les Flagellés est forte.

Nous avons eu plus de peine à cultiver purement le Flagellé du *Melophagus ovinus* connu sous le nom de *Crithidia melophagi*, ce qui s'explique par le fait que, chez cet insecte, les Flagellés du tube digestif sont toujours mélangés à des bactéries en plus ou moins grand nombre.

La technique suivante nous a donné de bons résultats. Un mélophage du mouton est lavé 5 à 6 fois dans de l'eau physiologique stérilisée, après quoi l'insecte est déposé dans une ou deux gouttes d'eau physiologique citratée. A l'aide d'aiguilles fines on extrait le tube digestif de l'insecte et on le dilacère. On s'assure, par l'examen à l'état frais du liquide, de la présence des Flagellés, et si les bactéries ne sont pas très nombreuses, ce qui arrive d'ordinaire quand l'infection par les Flagellés est forte, on procède à l'ensemencement. On ensemence à la pipette trois tubes du milieu de Novy simplifié qui ont été additionnés d'une solution stérilisée de carbonate de soude à 1 pour 100 dans les proportions suivantes : 1er tube, 2 à 3 gouttes; 2e tube, 3 à 4; 3e tube, 4 à 5, en tenant compte de la quantité d'eau de condensation des tubes. Les tubes sont capuchonnés et conservés à la température du laboratoire ou dans une étuve réglée à 24° (1).

En suivant cette technique, nous avons réussi, 2 fois sur 5, à obtenir des cultures pures de *Cr. melophagi*; dès le troisième ou quatrième jour après l'ensemencement, les cultures étaient abondantes; les repiquages ont bien réussi.

Crithidia melophagi se présente sous les aspects suivants dans les cultures.

1° Petites formes, en général sans flagelle, sphériques, de 3^{μ} à 9^{μ} de diamètre, plus souvent ovalaires de 5^{μ} à 10^{μ} de long sur 2^{μ} à 8^{μ} de large; par exception, certains éléments qui n'ont que 3^{μ} de long possèdent un flagelle qui peut atteindre 20^{μ} à 25^{μ}. Après coloration au panchrome, on distingue 1 noyau et 1 centrosome, 2 noyaux et 1 ou 2 centrosomes s'il s'agit d'éléments en voie de division.

2° *Formes moyennes et grandes du type* Crithidia (2). — Ces formes qui cons-

(1) L'un de nous a signalé, en 1915, qu'une culture de *Leishmania Donovani* souillée par un champignon a pu être purifiée par l'addition de quelques gouttes d'une solution de soude caustique à 1 pour 100 (*Bulletin de la Soc. de Path. exotique*, t. 8, p. 429). Dans le cas actuel, la solution de carbonate de soude a donné de meilleurs résultats que la solution de soude caustique.

(2) Nous rappelons que les Trypanosomides du genre *Crithidia* sont caractérisés par l'existence d'une membrane ondulante rudimentaire; le flagelle qui borde cette membrane part du centrosome qui est situé près du noyau. Chez les Flagellés du genre *Herpetomonas*, il n'y a pas trace de membrane ondulante et le centrosome est en général assez éloigné du noyau, dans la partie antérieure du corps de ces Trypanosomides.

tituent la règle dans le tube digestif des mélophages sont mélangées, dans les cultures, à des formes *Herpetomonas* en nombre variable. Le corps des parasites mesure 10^{μ} à 25^{μ} de long, sur 1^{μ} à 2^{μ} de large. Le flagelle qui part du centrosome, situé au voisinage du noyau, borde une membrane ondulante rudimentaire; sa partie libre est courte. Les éléments parasitaires sont tantôt libres, tantôt disposés en rosaces avec les extrémités antérieures (flagellées) au centre. Les parasites, dans les préparations colorées au panchrome, montrent chacun un noyau et un centrosome; les formes en voie de division (2 noyaux, 1 ou 2 centrosomes) sont communes.

3° *Formes moyennes et grandes du type* Herpetomonas. — Le corps des parasites mesure 10^{μ} à 20^{μ} de long sur 1^{μ} à 2^{μ} de large; l'extrémité antérieure se termine par un flagelle, parfois très court, qui mesure souvent 12^{μ} à 15^{μ} de long. Il n'y a pas trace de membrane ondulante. Après coloration au panchrome, on distingue dans chaque élément un noyau et un centrosome; les formes en voie de division et les formes en rosaces sont communes.

4° *Kystes.* — Des kystes très rares ont été trouvés dans des cultures de 4 jours; dans les cultures plus vieilles, ces formes ont été rencontrées plus souvent. Les kystes, de forme ovoïde, régulière, mesurent 6^{μ} à 8^{μ} de long, sur 3^{μ} à 4^{μ} de large. Après coloration au panchrome, on distingue une paroi assez épaisse, à double contour, à l'intérieur, un noyau qui siège en général à la petite extrémité de l'ovoïde, et souvent une granulation représentant le centrosome.

Il était intéressant de rechercher si les cultures de *Cr. melophagi* étaient inoculables à des Mammifères et si elles exerçaient une action pathogène sur certains d'entre eux.

6 souris blanches, jeunes, ont été inoculées dans le péritoine, chacune à deux reprises, à quelques jours d'intervalle, avec des cultures de *Cr. melophagi*. 4 souris sont encore vivantes et en bon état, mais chez 2 d'entre elles l'examen du sang a révélé l'existence de parasites endoglobulaires ou libres, en petit nombre. Les 2 dernières souris ont été sacrifiées, 9 et 12 jours après la première inoculation, alors qu'elles étaient dans un état grave, faisant prévoir une mort prochaine; les souris fortement anémiées avaient une respiration très accélérée et l'affaiblissement était très marqué. Des parasites leishmaniformes non rares ont été trouvés dans le sang, dans le foie et dans la rate d'une souris, dans le foie de l'autre. La rate et le foie des 2 souris étaient augmentés de volume.

Il résulte de ces faits, comme de nos observations antérieures, que *Crithidia melophagi* peut exercer une action pathogène sur la souris.

AVIATION. — *Application de la théorie des avions à un exemple. Variations du plafond et de la vitesse ascensionnelle avec les coefficients caractéristiques.* Note (¹) de M. A. **Rateau**.

Une application numérique sur un cas déterminé est nécessaire pour bien mettre en relief les conséquences de la théorie du vol rectiligne des aéroplanes, qui a fait l'objet de mes trois Communications précédentes (²); nous verrons clairement combien la hauteur du plafond et les vitesses ascensionnelles sont sensibles aux moindres variations de la plupart des paramètres; ce nous sera aussi l'occasion de présenter quelques nouvelles remarques, en particulier au sujet des caractéristiques des avions.

Je prendrai pour exemple un avion fictif (se rapprochant beaucoup de l'un de ceux sur lesquels on a adapté le turbo-compresseur) pesant au total, pilote compris, 1700^{kg}, et muni d'un moteur de 300 chevaux qui, à l'aide d'une hélice de pas efficace H égal à $2^m,279$, ayant un rendement de 75 pour 100, lui imprime une vitesse en palier de 175^{km} à l'heure, le poids spécifique de l'air étant $\varpi_0 = 1,22$, et la vitesse de rotation de 1600 tours par minute; je suppose, de plus, qu'il vole, dans ces conditions, avec l'incidence zéro ($\alpha_0 = 0°$).

On déduit de là le coefficient du couple du moteur :

$$A = \frac{300 \times 75}{2\pi n \times 1,22} = 110,07;$$

puis, par (4), le recul de l'hélice au sol $\sigma_0 = 0,20$; par (1), $Y_0 = 0,5897$; par (2), $X_0 = 0,1204$; par (6'), $b = 2$.

Si nous supposons encore que $\rho = 0,75$ est le rendement maximum, correspondant au recul optimum $\sigma_m = 0,20$, d'après (12), on a, par (11), $a = \frac{1}{30}$. J'admets enfin $\eta = 0,3$ et $\xi = 0,017$.

Nous avons maintenant tout ce qu'il faut pour calculer les diverses circonstances des vols en palier et en montée, jusqu'au plafond.

D'après (9) et (10), l'incidence optimum est $\alpha_m = 5°,029$, et le rapport optimum $\left(\frac{Y}{X}\right)_m = 8,591$, dont l'inverse donne, pour coefficient de *finesse* de cet avion, $f = 0,1164$.

(¹) Séance du 21 juillet 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1142, 1246 et 1295.

L'incidence de vol au plafond a déjà été calculée d'après les mêmes données par (26) de l'erratum (p. 48); c'est $\alpha_p = 6°,105$, ou plutôt $5°,98$ que je trouve par un calcul plus précis, à l'aide d'une autre méthode. La hauteur de plafond correspondante est $Z_p = 5890^m$, tandis que celle qui correspond à l'incidence optimum est $Z_m = 5808^m$.

Remarques au sujet des coefficients caractéristiques de l'avion. — Les coefficients Y_0 et η ne dépendent que de la voilure; η est sensiblement le même pour tous les avions, et Y_0 est proportionnel à la surface de voilure. Ils peuvent être mesurés par des essais sur modèles réduits, en tenant compte, bien entendu, des inclinaisons du gouvernail de profondeur correspondant aux diverses incidences.

Quant à X_0 et ξ, ils dépendent non seulement des ailes, mais encore de toutes les œuvres mortes : fuselage, haubans, tendeurs, etc. On peut les déterminer aussi sur des modèles; mais X_0 se calcule très bien d'après un essai de vol au sol, si l'on connaît exactement la force du moteur et le rendement de l'hélice; car tous les avions modernes volent au sol avec une incidence voisine de zéro (positive ou négative) et, dès lors, le terme $\xi\alpha^2$ est petit vis-à-vis de l'unité.

Notre avion hypothétique est plus fin que les avions actuels, dont le rapport $\left(\frac{Y}{X}\right)_m$ optimum ne dépasse guère 8; cela provient sans doute de ce que le coefficient $\eta = 0,3$, que j'ai adopté, est trop élevé. Pour les avions réels, η doit être plutôt voisin de 0,26. En partant de cette dernière valeur, nous aurions trouvé

$$\alpha_m = 4°,734, \qquad \alpha_p = 5°,623, \qquad \text{d'où} \qquad \alpha_p - \alpha_m = 0°,889;$$

et, ensuite,

$$\varpi_m = 0,7168, \qquad \psi_m = 1,0129, \qquad Z_m = 4989^m \qquad \text{et} \qquad Z_p = 5056^m.$$

Le plafond aurait été abaissé de 834^m, soit de 14,1 pour 100, pour une diminution de η de 13,3 pour 100. Nous constatons ainsi que *les hauteurs de plafond varient beaucoup avec le coefficient* η, *ou, plus généralement, avec la finesse de l'avion. D'après* (25) *et* (27), *elles varient aussi beaucoup avec le couple du moteur ou avec le poids de l'avion, ou encore avec le pas de l'hélice.*

Vols en palier. — Pour éviter des calculs laborieux, par approximations successives, au lieu de partir des hauteurs Z, je partirai plutôt des incidences α.

Ayant d'abord calculé X et Y par (7), on obtient successivement les reculs σ de l'hélice par (6'), la vitesse v horizontale de l'avion par (23), la vitesse n de rotation du moteur par (4), le poids spécifique ϖ de l'air correspondant à l'incidence α de vol par (1), et enfin l'altitude Z correspondante par (26).

Le Tableau ci-dessous résume les résultats, ainsi que la courbe I de la figure. Les incidences sont indiquées à droite de la courbe et le nombre de tours du moteur, par minute, à gauche.

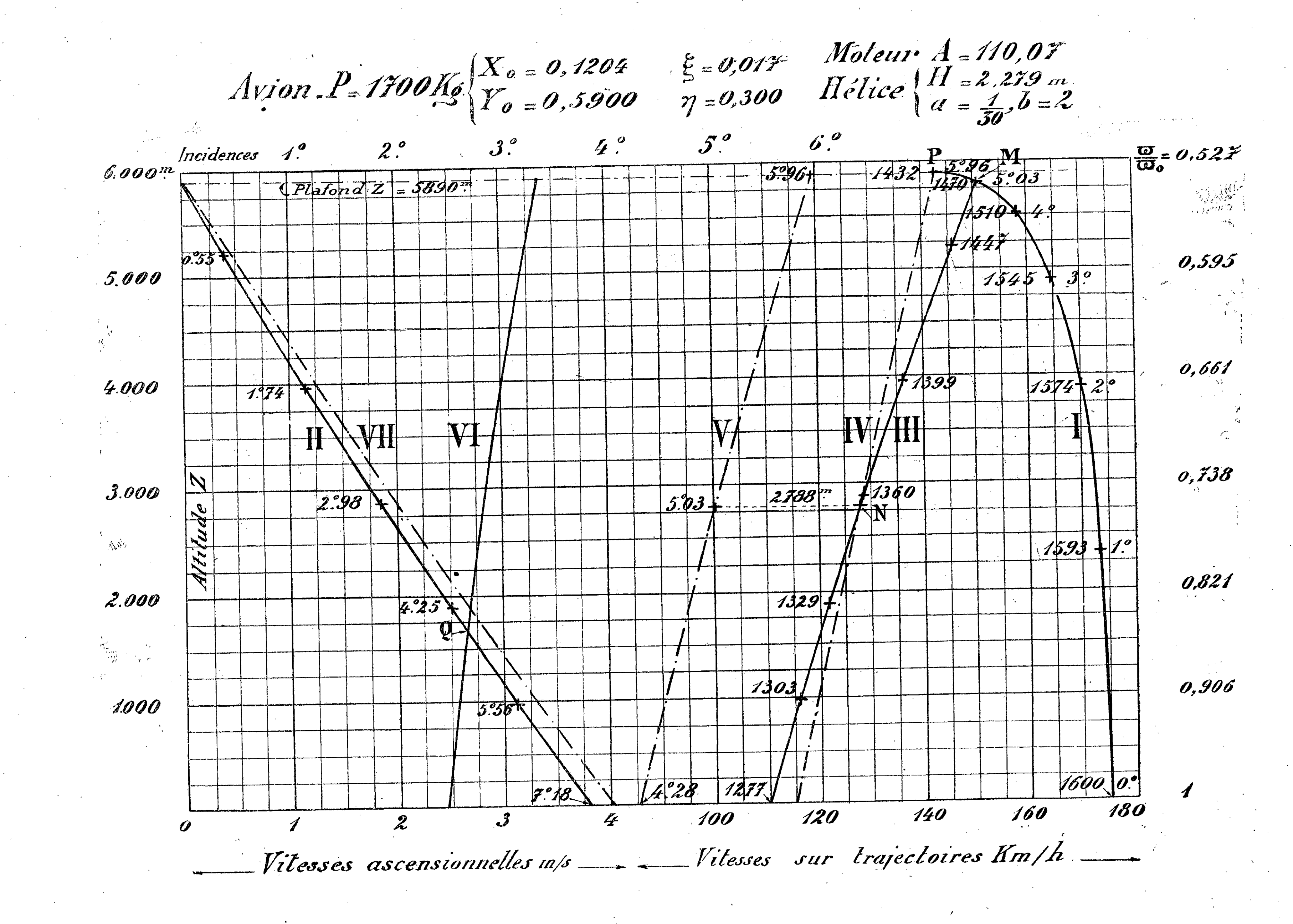
α.	X.	Y.	σ.	ψ.	v.		$60n$.	ϖ.	$\frac{\varpi}{\varpi_0}$.	Z.
°					m : s	km : h	t : m	kg : m³		m
0.........	0,1204	0,590	0,200	1,067	48,61	175,0	1600	1,220	1,000	0
1.........	0,1225	0,767	0,202	1,064	48,27	173,8	1593	0,952	0,780	2329
2.........	0,1286	0,943	0,209	1,055	47,29	170,3	1574	0,805	0,660	3894
3.........	0,1388	1,120	0,219	1,042	45,80	164,9	1545	0,723	0,593	4904
4.........	0,1532	1,297	0,233	1,026	43,95	158,2	1510	0,678	0,556	5504
$\alpha_m = 5,029$.....	0,1722	1,479	0,251	1,008	41,83	150,6	1470	0,657	0,538	5808
$\alpha_p = 6$.........	0,1941	1,651	0,269	0,989	39,75	143,1	1432	0,651	0,534	5890

La vitesse en palier décroît peu jusqu'à 2000^{m}; au plafond elle tombe à 143^{km} à l'heure. Elle aurait crû légèrement à partir du sol, jusqu'à une certaine altitude, si le vol en palier au sol s'était effectué sous une incidence négative, comme cela se produit avec les avions à très grande hauteur de plafond; elle serait, au contraire, plus rapidement décroissante pour une incidence de départ supérieure à zéro.

Les reculs σ montent de 0,200 au sol à 0,269 au plafond; c'est ce qui fait que la vitesse de rotation n du moteur décroît beaucoup moins que la vitesse v de l'avion.

Remarque. — Dans ces calculs, j'ai supposé invariable le coefficient A du couple du moteur. En réalité, je l'ai déjà fait remarquer, ce coefficient croît un peu quand la vitesse de rotation décroît; mais, par contre, il décroît légèrement quand l'altitude augmente. Les deux effets se compensent en partie; on en tiendrait compte si l'on était exactement fixé sur ces variations.

Montée à incidence α_m constante. — Sauf aux altitudes voisines de $\frac{1}{2}Z_m$, ainsi que nous le verrons plus bas, la montée à incidence optimum ne réalise pas les vitesses ascensionnelles maxima et elle ne permet pas d'atteindre le véritable plafond; mais la différence est très petite, presque insensible. Examinons donc, en premier lieu, ce cas pour lequel les calculs sont relativement simples.



Avion . P = 1700 Kg
X₀ = 0,1204
Y₀ = 0,5900
ξ = 0,017
η = 0,300
Moteur A = 110,07
Hélice H = 2,279 m
a = 1/30, b = 2
Incidences 1° 2° 3° 4° 5° 6°
ω/ω₀ = 0,527
0,595
0,661
0,738
0,821
0,906
1
6.000 m
5.000
4.000
3.000
2.000
1000
Altitude Z
Plafond Z = 5890 m
P
M
I
II
III
IV
V
VI
VII
N
Q
2788 m
0°53
1°74
2°98
4°25
5°56
7°18
4°28
5°03
5°96
5°96
5°03
1432
1440
1510
1447
1545
1399
1360
1329
1303
1277
1574
1593
1600
4°
3°
2°
1°
0°
0 1 2 3 4
100 120 140 160 180
Vitesses ascensionnelles m/s
Vitesses sur trajectoires Km/h

Ce sont les formules (44) à (48) qu'il y a lieu d'appliquer. A l'incidence α_m, la variable $x = \frac{2\,\mathrm{H}^2}{b}(\mathrm{X} + \mathrm{Y}\,\mathrm{tang}\,\theta)$ prend la valeur $0{,}894 + 7{,}68\,\mathrm{tang}\,\theta$ qui, portée dans (44), donne à $\frac{1}{\psi}$ l'expression

$$0{,}998(1 + 0{,}986\,\mathrm{tang}\,\theta - 1{,}182\,\overline{\mathrm{tang}\,\theta}^2).$$

Mais il faut prendre garde que cette valeur n'est convenablement approchée que pour x supérieur à 0,96; nous ne devrons donc pas nous en servir près du plafond, lorsque l'inclinaison de la trajectoire tombera au-dessous de $\frac{0{,}96 - 0{,}894}{7{,}68} = 0{,}008$, soit 0°,45.

De l'expression précédente nous tirons les valeurs ($\psi_m = 1{,}002$; $\varpi_m = 0{,}653$; $i' = 0{,}986 - 1{,}18\,\mathrm{tang}\,\theta$) à mettre dans les formules (47) et (48), lesquelles donnent, par approximations successives, rapidement convergentes, les inclinaisons θ des trajectoires et les vitesses ascensionnelles w, pour chaque valeur de ϖ que l'on veut. On calcule ensuite le recul σ par (35) et la vitesse n du moteur par (4), le Tableau ci-après résume quelques résultats :

ϖ.	Z.	θ.	v.	w.	σ.	$60\,n$.	$\frac{d\mathrm{A}}{\mathrm{A}}$.	$d\theta$.	dw.
kg : m³	m	°	m : s	m : s		t : m		°	m : s
1,22.......	0	7,178	30,57	3,820	0,370	1277	0,0257	0,421	0,222
1,10.......	971	5,560	32,24	3,124	0,348	1303	0,0250	0,359	0,201
1,00.......	1865	4,250	33,85	2,509	0,329	1329	0,0235	0,304	0,176
0,90.......	2854	2,976	35,71	1,854	0,309	1360	0,0218	0,244	0,151
0,80.......	3959	1,742	37,89	1,152	0,287	1399	0,0197	0,190	0,126
0,70.......	5211	0,548	40,52	0,388	0,263	1447	0,0160	0,131	0,092

Ces résultats sont aussi traduits sur la figure par les courbes III, pour les vitesses sur trajectoire, et II, pour les vitesses ascensionnelles. On voit que celles-ci décroissent presque linéairement avec l'altitude. Les chiffres inscrits à côté de la courbe II indiquent les inclinaisons de la montée.

Mais ces calculs supposent que le coefficient A, du couple du moteur, ne varie pas. Ici les réductions de vitesse sont telles qu'il faut faire des corrections. Admettons les chiffres, relatifs au moteur Renault, donnés à la page 1250. Il en résulte les corrections indiquées dans les trois dernières colonnes du Tableau précédent. On voit que *les variations relatives de la pente* θ *et de la vitesse* w *sont énormément plus fortes que celles de* A. La courbe VII en pointillé traduit ces vitesses w rectifiées; elle se rapproche d'une droite encore plus que II.

Montée à incidence variable. — En calculant la vitesse ascensionnelle à diverses incidences, pour le même poids spécifique ϖ de l'air, on constate que le maximum a lieu pour des incidences plus petites que α_m aux basses altitudes, et, au contraire, pour des incidences plus grandes aux hautes altitudes. *La coïncidence se produit à une altitude voisine de* $\frac{Z_m}{2}$. J'ai trouvé, dans le cas particulier qui nous sert d'exemple, par un calcul que je ne reproduirai pas, que cette altitude est 2788^m.

La courbe IV en pointillé indique les vitesses v sur trajectoire; elle croise III en N et aboutit à l'extrémité P de la courbe I des vitesses en palier, tandis que III aboutit en M correspondant à α_m. La courbe V montre les incidences qui donnent le maximum de w aux diverses altitudes.

Mais le maximum diffère très peu de w correspondant à l'incidence constante α_m. Ainsi, au sol, je trouve, avec le coefficient A majoré de 2,57 pour 100, comme il convient, $w = 4{,}07$ m:s, au lieu de 4,04; l'inclinaison initiale de la trajectoire est $7°{,}29$, au lieu de $7°{,}60$.

Vitesses ascensionnelles avec turbo-compresseur. — Enfin si, au même avion, on applique un turbo-compresseur ramenant le couple du moteur à sa valeur au sol, c'est la formule (49) qu'il faut appliquer. On trouve en partant du même A, non majoré, supposant que le poids reste le même et que la nouvelle hélice a un pas efficace de $2^m{,}69$, que la vitesse w au départ du sol, en montée à incidence optimum, s'abaisse à 2,46 m : s; *mais elle croît avec l'altitude*, en raison inverse de $\sqrt{\varpi}$. La courbe VII montre ses variations; elle croise II en Q, à l'altitude 1635^m. On voit qu'au-dessus de cette altitude le turbo procure un avantage énorme.

Quant à l'inclinaison θ *de la montée, elle est constamment égale à* $4°{,}62$.

Au delà du plafond de l'avion primitif, l'allure de la courbe des vitesses ascensionnelles change brusquement si le turbo ou le moteur sont à leur limite de vitesse; la pression d'air produite par le turbo n'est plus alors constante, mais sensiblement proportionnelle à la pression atmosphérique ambiante, et les vitesses w et les inclinaisons θ de montée décroissent. La courbe représentative de w est, à partir de l'ancien plafond, analogue à II, mais moins inclinée; elle aboutit, sur l'axe des altitudes, au point du nouveau plafond, voisin de $\frac{5}{3}\,5890 = 9817^m$, ainsi qu'il a été démontré dans ma deuxième Communication, un peu haut ou un peu plus bas suivant le pas de la nouvelle hélice qui a été adaptée au moteur muni du turbo.

M. QUÉNU s'exprime en ces termes :

Je présente à l'Académie une monographie sur le *shock traumatique*. Elle est le résumé des travaux que j'ai publiés sur cette question pendant la guerre. On croyait avant la guerre, et même jusqu'en 1917, que le syndrome connu sous le nom de *shock* avait pour origine une action brusque du trauma, ou paralysante, ou inhibitrice, sur les fonctions du système nerveux. Je me suis efforcé de démontrer qu'il n'en est rien, que l'apparition des symptômes, qui aurait dû être instantanée dans l'hypothèse de la théorie nerveuse, ne l'était pour ainsi dire jamais. Je crois avoir réussi à prouver que, dans la plupart des cas, le syndrome résulte d'une intoxication par les toxalbumines issues des tissus et plus spécialement des muscles écrasés; aussi ai-je proposé de remplacer le terme impropre de *shock* par celui de « *toxémie traumatique à syndrome dépressif* ».

Cette interprétation nouvelle a eu des conséquences thérapeutiques importantes, spécialement au point de vue des indications opératoires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stabilité des sulfones formées par les iodures de sodium, de rubidium et de cæsium.* Note (¹) de MM. **R. de Forcrand** et **F. Taboury.**

Nous avons signalé précédemment (²) que les iodures de sodium, de rubidium et de cæsium forment avec SO^2 des *sulfones* dont la formule est $MI + 3SO^2$ et que, s'il faut en croire les travaux publiés sur les sulfones données par KI, le potassium s'écarte à ce point de vue des autres métaux alcalins.

Nous avons cherché à préciser davantage en mesurant les tensions de dissociation des combinaisons à $3SO^2$ que nous avons obtenues.

L'appareil employé pour ces déterminations est en tout semblable à celui qui nous a servi pour l'analyse : ampoule de verre soufflé portant deux tubes verticaux, l'un pour l'introduction de l'iodure et du gaz SO^2, l'autre pour l'élimination de l'excès de SO^2, mais ce dernier tube est soudé à un long manomètre à mercure qui permet de mesurer les tensions, pendant que

(¹) Séance du 7 juillet 1919.
(²) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1253.

l'ampoule (dont l'autre tube est fermé à la lampe) plonge dans un bain à température constante.

Nous avons utilisé, comme bains, soit le chlorure de méthyle dans un vase de Dewar non argenté (de $-22^{\circ},5$ à $-22^{\circ},8$), soit la glace (0°), soit le bromure d'éthylène en fusion ($+9^{\circ},65$), soit encore le courant d'eau de la ville ($+15^{\circ},4$ et $+20^{\circ},9$).

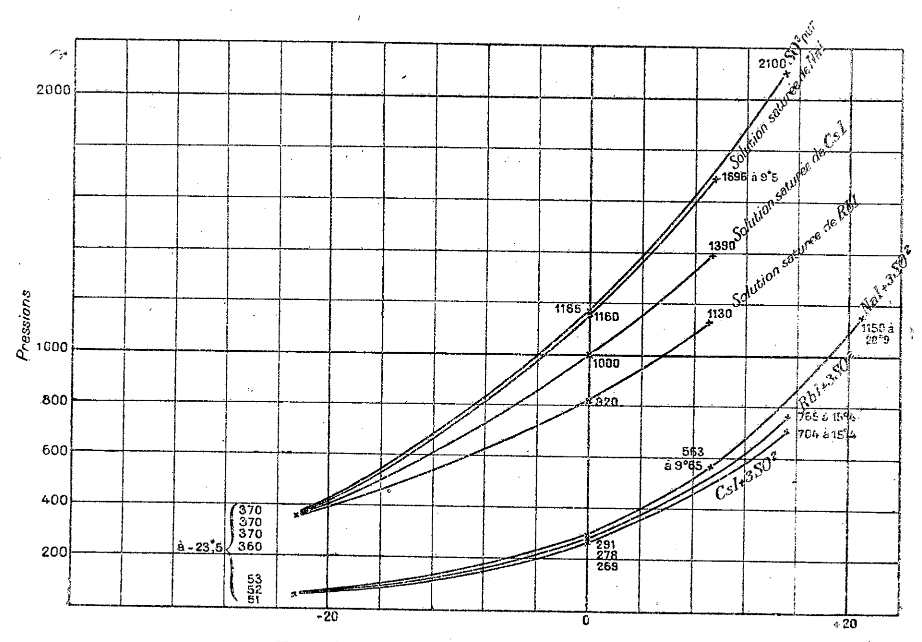
L'équilibre ne s'établit que lentement, au bout de plusieurs jours.

La quantité de gaz sulfureux doit être telle qu'elle soit insuffisante pour transformer la totalité de l'iodure en sulfone, et qu'il n'y ait pas de liquéfaction.

Nous avons obtenu, dans ces conditions, les résultats qui suivent :

NaI........	53 mm à −22°,75	291 mm à 0°	{ 563 mm à + 9°,65 ; 1150,5 à +20,9 }
RbI........	52 à −22,8	278,25 à 0°	765 à +15,4
CsI........	51 à −22,5	269,25 à 0°	704 à +15,4

Ces nombres, reportés sur un quadrillé, donnent trois courbes très régu-



Températures en degrés centigrades.

lières, celle de $NaI + 3SO^2$ étant constamment au-dessus des deux autres, et celle de $RbI + 3SO^2$ au-dessus de la troisième.

On remarque que les trois courbes se confondent presque vers $-23°$, puis s'écartent en éventail. Cette allure se lit bien sur la figure ci-dessus sur laquelle nous avons tracé en même temps les courbes des tensions de vapeur des trois dissolutions saturées dans SO^2 liquide, et enfin, au-dessus, celle de SO^2 pur d'après les expériences de Regnault et de Pictet.

Nos trois courbes de dissociation coupent l'ordonnée 760^{mm} respectivement

Pour NaI	à..	$+14°,60$
» RbI	à..	$+15,50$
» CsI	à..	$+16,46$

Ainsi les *températures de dissociation* sont d'autant plus élevées que le poids moléculaire de l'iodure est plus grand, les différences étant d'ailleurs faibles.

On serait tenté d'en conclure que la stabilité des trois sulfones va en croissant dans l'ordre

$$NaI \rightarrow RbI \rightarrow CsI.$$

Et il devrait, en effet, en être ainsi si la relation $\frac{Q}{T} =$ const. était rigoureuse.

Cependant lorsqu'on calcule, en partant de nos résultats, les valeurs de Q au moyen de la formule de Clapeyron, on arrive à une conclusion contraire. On trouve, en effet, par cette méthode :

	Cal
Pour NaI	$+10,250$
» RbI	$+10,129$
» CsI	$+\ 9,876$

et, bien que ces différences soient faibles, nous croyons pouvoir répondre de leur signe.

Il en résulte que c'est la sulfone de CsI qui aurait la chaleur de formation la plus faible, bien que sa température de dissociation soit la plus élevée.

C'est dire que les valeurs de $\frac{Q}{T}$ ne sont pas tout à fait constantes, même dans cette série de composés si voisins; ces valeurs atteignent 35,63 pour NaI, 35,09 pour RbI et 34,10 pour CsI, la moyenne 34,94 étant un peu supérieure à la moyenne habituelle 30 à 32.

Ces résultats montrent que, contrairement à ce qui arrive habituellement, le sodium se rapproche de Rb et de Cs au point de vue qui nous occupe. Le potassium se conduit tout autrement.

On lit aussi sur notre dessin que les trois courbes de dissociation se suc-

cèdent dans un ordre qui n'est pas le même que celui des courbes des tensions de vapeur des dissolutions saturées.

Remarque au sujet de SO^2. — La courbe des tensions de vapeur de SO^2 pur, tracée d'après les nombres de Regnault et de Pictet, permet de calculer sa chaleur de volatilisation moléculaire L. Entre — 23° et 0°, c'est-à-dire pour une température moyenne bien voisine de — 10°, on trouve ainsi : $6^{Cal},652$ pour 64^g de SO^2, nombre qui concorde d'ailleurs avec les valeurs trouvées directement.

Ce résultat montre d'abord que le quotient Trouton, $\frac{L}{T} = \frac{6652}{263}$, atteint 25,29, nombre assez élevé, voisin de celui que donne l'eau (25,9), indiquant une forte association.

D'autre part, les températures de dissociation des trois sulfones étant à 24°,6 ou 25°,5 ou 26°,46 au-dessus du point d'ébullition du SO^2, il suffira de retrancher

$$24°,6 \times 0,03563, \quad 25°,5 \times 0,03509, \quad 26,46 \times 0,0341$$

des nombres que donnent les courbes de dissociation, soit

$$10,250 \quad \text{ou} \quad 10,129 \quad \text{ou} \quad 9,876$$

pour avoir une évaluation approchée de L + S. On trouve ainsi

$$L + S = 9,374 \quad \text{ou} \quad 9,234 \quad \text{ou} \quad 8,974.$$

Enfin, en retranchant de ces nombres 6,652, on trouve

$$S = 2,722 \quad \text{ou} \quad 2,582 \quad \text{ou} \quad 2,322 \quad (\text{moyenne } 2,542),$$

ce qui montre que la chaleur de solidification moléculaire S de 64^g de SO^2 liquide est d'*environ* $2^{Cal},54$, soit, pour 1^g : $0^{Cal},0397$, à peu près la moitié de celle de l'eau, à poids égal.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le *Rapport général sur l'industrie française, sa situation, son avenir*, rédigé par M. LÉON GUILLET. Deuxième volume. (Présenté par M. A. Haller.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes d'Euler.*
Note de M. N.-E. **Nörlund**, présentée par M. Appell.

1. Soit ν un entier non négatif. Considérons l'équation aux différences finies

$$F(x+1)+F(x)=2x^\nu.$$

Il y a évidemment un et un seul polynome qui satisfait à cette équation. Ce polynome est du degré ν. On l'appelle *un polynome d'Euler*. Je le désigne par $E_\nu(x)$. Ces polynomes ont été étudiés par Hermite et par plusieurs autres auteurs. Je veux démontrer l'existence d'une classe plus générale de polynomes qui sont analogues aux polynomes d'Euler et qui jouent un rôle considérable dans le calcul aux différences finies. Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ n nombres quelconques. Posons pour abréger

$$\nabla_\omega F(x)=\frac{1}{2}[F(x+\omega)+F(x)], \qquad \nabla^n_{\omega_1,\ldots,\omega_n} F(x)=\nabla_{\omega_n}[\nabla^{n-1}_{\omega_1,\ldots,\omega_{n-1}} F(x)].$$

Considérons l'équation aux différences finies

$$\nabla^n_{\omega_1,\ldots,\omega_n} F(x)=x^\nu.$$

Il y a un et un seul polynome en x qui satisfait à cette équation. Ce polynome est du degré ν. Je le désigne par $E_\nu^{(n)}(x)$ ou par $E_\nu^{(n)}(x\mid\omega_1,\omega_2,\ldots,\omega_n)$ et je dis par extension que c'est *un polynome d'Euler d'ordre n et de degré* ν. On peut ainsi définir une suite infinie de polynomes $E_\nu^{(1)}(x)$, $E_\nu^{(2)}(x)$, $E_\nu^{(3)}(x)$, ..., et l'on a en particulier

$$E_\nu^{(1)}(x\mid\omega)=\omega^\nu E_\nu\left(\frac{x}{\omega}\right).$$

De la définition il résulte immédiatement que

$$\nabla^p E_\nu^{(n)}(x)=E_\nu^{(n-p)}(x) \qquad (p=1,2,\ldots,n-1), \qquad \frac{dE_\nu^{(n)}(x)}{dx}=\nu E_{\nu-1}^{(n)}(x).$$

On a donc, en vertu de la formule de Taylor,

$$E_\nu^{(n)}(x+h)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}h^s E_{\nu-s}^{(n)}(x).$$

En posant $h=\omega_n$, ce développement prend la forme

$$E_\nu^{(n-1)}(x)=E_\nu^{(n)}(x)+\frac{1}{2}\sum_{s=1}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}\omega_n^s E_{\nu-s}^{(n)}(x) \qquad (\nu=1,2,3,\ldots).$$

A l'aide de cette relation de récurrence, on sait déterminer successivement tous les polynomes d'Euler d'ordre n, quand on connaît les polynomes d'ordre $n-1$. On sait d'ailleurs d'une manière explicite exprimer les polynomes d'ordre n par les polynomes d'ordre inférieur à n. En effet, considérons l'équation

$$\nabla^{p}_{\omega_1,\ldots,\omega_p} F(x) = \varphi(x),$$

$\varphi(x)$ étant un polynome du degré ν. On voit aisément que le polynome $F(x)$ qui satisfait à cette équation peut s'écrire sous la forme

$$F(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \frac{\varphi^{(s)}(x)}{s!} E_s^{(p)}(y).$$

On en conclut que les polynomes d'Euler satisfont à la relation

$$E_\nu^{(n+p)}(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} E_{\nu-s}^{(n)}(x) E_s^{(p)}(y),$$

x et y étant des nombres quelconques.

2. On appelle *nombres d'Euler* une suite de nombres entiers E_0, E_1, E_2, ... définis par la relation de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} E_{\nu-s} + \sum_{s=0}^{s=\nu} (-1)^s \binom{\nu}{s} E_{\nu-s} = \begin{cases} 0, & \nu > 0, \\ 2, & \nu = 0. \end{cases}$$

J'en forme une nouvelle suite de nombres $E_\nu^{(n)}$ que je définis par les relations de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} \omega_n^s E_{\nu-s}^{(n)} + \sum_{s=0}^{s=\nu} (-1)^s \omega_n^s E_{\nu-s}^{(n)} = 2 E_\nu^{(n-1)}.$$

La quantité $E_\nu^{(n)}$ est une forme de degré ν et à coefficients entiers; elle s'exprime par les nombres d'Euler de la manière suivante

$$E_\nu^{(n)} = \sum \frac{\nu!}{s_1!\, s_2! \ldots s_n!} E_{s_1} E_{s_2} \ldots E_{s_n} \omega_1^{s_1} \omega_2^{s_2} \ldots \omega_n^{s_n},$$

où la sommation est étendue à toutes les valeurs entières, positives ou nulles, de s_1, s_2, ..., s_n qui vérifient la condition $s_1 + s_2 + \ldots + s_n = \nu$.

Les $E_\nu^{(n)}$ figurent comme coefficients dans les polynomes d'Euler. On a,

en effet,

$$E_\nu^{(n)}(x)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^{-s}E_s^{(n)}\left(x-\frac{\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n}{2}\right)^{\nu-s}.$$

Les polynomes d'Euler $E_\nu^{(n)}(x)$ sont donc des fonctions symétriques des paramètres $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$.

3. Il convient encore d'envisager une autre suite de nombres entiers C_0, C_1, C_2, ... que je définis par la relation de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^s C_{\nu-s}+C_\nu=\begin{cases}0, & \text{si } \nu>0,\\ 2, & \text{si } \nu=0.\end{cases}$$

J'en forme une nouvelle suite de nombres $C_\nu^{(n)}$ que je définis par les relations de récurrence

$$\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}(2\omega_n)^s C_{\nu-s}^{(n)}+C_\nu^{(n)}=2C_\nu^{(n-1)}.$$

Les $C_\nu^{(n)}$ s'expriment par les C_ν de la manière suivante

$$C_\nu^{(n)}=\sum\frac{\nu!}{s_1!\,s_2!\ldots s_n!}C_{s_1}C_{s_2}\ldots C_{s_n}\omega_1^{s_1}\omega_2^{s_2}\ldots\omega_n^{s_n},$$

où la sommation est étendue à toutes les valeurs entières, positives ou nulles de $s_1, s_2, \ldots, s_n$ qui vérifient la condition $s_1+s_2+\ldots+s_n=\nu$. Les $C_\nu^{(n)}$ figurent comme coefficients dans les polynomes d'Euler. On a, en effet,

$$E_\nu^{(n)}(x)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^{-s}C_s^{(n)}x^{\nu-s}.$$

Les $E_\nu^{(n)}$ s'expriment par les $C_\nu^{(n)}$ et inversement. On a, en effet,

$$E_\nu^{(n)}=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}C_s^{(n)}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n)^{\nu-s},$$

$$C_\nu^{(n)}=\sum_{s=0}^{s=\nu}(-1)^{\nu-s}\binom{\nu}{s}E_s^{(n)}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n)^{\nu-s}.$$

MÉCANIQUE. — *Sur l'équilibre élastique d'un corps de révolution homogène isotrope soumis à des forces rayonnantes, soit proportionnelles, soit inversement proportionnelles au rayon.* Note de M. CH. PLATRIER, présentée par M. Sebert.

1. Soit Oz l'axe de révolution. Supposons que les tensions soient nulles sur la surface extérieure du corps et que la force appliquée à un élément matériel (x, y, z) soit rayonnante, c'est-à-dire dirigée suivant le rayon (normale issue de l'élément à Oz) et fonction unique de ce rayon r (distance de l'élément à Oz). Soient ε et w les projections suivant le rayon et suivant Oz du déplacement du point (x, y, z). Les équations indéfinies de l'équilibre peuvent s'écrire

$$\left.\begin{aligned} &(1) \qquad (\lambda+2\mu)\frac{\partial\theta}{\partial r} - \mu\frac{\partial\psi}{\partial z} = f'(r) \\ &(2) \qquad (\lambda+2\mu)\frac{\partial\theta}{\partial z} + \mu\left(\frac{\partial\psi}{\partial r} + \frac{\psi}{r}\right) = 0 \end{aligned}\right\} \quad \text{avec} \quad \left\{\begin{aligned} \theta &= \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial\varepsilon}{\partial r} + \frac{\varepsilon}{r}, \\ \psi &= \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial\varepsilon}{\partial r}. \end{aligned}\right.$$

La tension $N_2 = \lambda\theta + 2\mu\frac{\varepsilon}{r}$ sur un élément du plan méridien est normale à cet élément. La tension sur un élément orthogonal à un plan méridien est dans ce plan et a pour projections, sur Or et Oz, $N_1\cos\omega + T\sin\omega$; $T\cos\omega + N_3\sin\omega$; en appelant ω l'angle de la normale avec Oz et en posant

$$N_1 = \lambda\theta + 2\mu\frac{\partial\varepsilon}{\partial r}, \qquad N_3 = \lambda\theta + 2\mu\frac{\partial w}{\partial r}, \qquad T = \mu\left(\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial\varepsilon}{\partial z}\right).$$

2. Nous allons tout d'abord chercher s'il est possible de déterminer les fonctions f, θ et ψ de telle sorte que T et N_3 soient identiquement nuls. Il en résultera que les tensions seront nulles sur tout élément orthogonal à $Oz\left(\omega = \frac{\pi}{2}\right)$ ou appartenant à la surface S de révolution autour de Oz qui a pour méridienne $N_1 = 0$. On pourra donc prendre, comme surface extérieure du corps C considéré, une portion de la surface S et des portions de plans orthogonaux à Oz.

Or la condition $T \equiv 0$ équivaut à $\varepsilon = -\frac{\partial\varphi}{\partial r}$; $w = \frac{\partial\varphi}{\partial z}$; φ désignant une fonction arbitraire de r et de z, si bien que les équations indéfinies (1)

et (2) et la condition $N_3 \equiv 0$ s'écrivent

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial^3\varphi}{\partial r\,\partial z^2} = 2af'(r) \\ &2b\frac{\partial^3\varphi}{\partial z^3} - \frac{\partial^3\varphi}{\partial z\,\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial^2\varphi}{\partial r\,\partial z} = 0 \\ &2b\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial r} = 0 \end{aligned}\right\} \quad \text{avec} \quad \left\{\begin{aligned} a &= \frac{\lambda}{8\mu(\lambda+\mu)}, \\ b &= \frac{\lambda+2\mu}{2\lambda}. \end{aligned}\right.$$

Elles sont satisfaites par

$$\varphi(r, z) = az^2 f(r) + zg(r) + h(r) + k(z),$$

les fonctions f, g, h, k étant choisies de telle sorte que (5) soit vérifiée.

On en déduit

$$af'(r) = 2bpr + \frac{q}{r},$$

$$\begin{aligned} -\frac{N_1}{2\mu} &= p[2(b+1)z^2 + b(3b+2)r^2] \\ &\quad + q\left[2(b+1)\log r - \frac{z^2}{r^2} + b\right] - (\alpha_1 z + \alpha) - \frac{1}{r^2}(\beta_1 z + \beta), \\ -\frac{N_2}{2\mu} &= p[2(b+1)z^2 + b(b+2)r^2] \\ &\quad + q\left[2(b+1)\log r + \frac{z^2}{r^2} - b\right] - (\alpha_1 z + \alpha) + \frac{1}{r^2}(\beta_1 z + \beta), \end{aligned}$$

p, q, α_1, β_1, α, β étant des constantes arbitraires.

En supposant nul soit p, soit q, on connaît donc l'expression des tensions dans un corps C ne supportant aucune tension sur sa surface et dont les éléments matériels sont soumis à une force rayonnante soit proportionnelle, soit inversement proportionnelle au rayon.

3. Insistons sur le cas de $q = 0$ et faisons $p = -\rho\omega^2\frac{a}{2b}$, c'est le cas de l'équilibre relatif du corps C, de densité ρ, tournant autour de son axe avec une vitesse angulaire constante ω.

M. Lecornu a mis en évidence la solution qui correspond au cas $\alpha_1 = \beta_1 = \beta = 0$ et s'en est servi pour donner une approximation de l'équilibre relatif d'un cylindre de révolution très plat dans un tel mouvement. En suivant la même méthode et remarquant que la méridienne de S peut passer par quatre points arbitraires à abscisses positives (ce qui détermine $\alpha_1 \beta_1 \alpha \beta$) on peut obtenir de nouveaux résultats intéressants. En particulier, si l'on choisit des méridiennes symétriques par rapport à Or : $\alpha_1 = \beta_1 = 0$ et si (ε désignant une quantité positive aussi petite qu'on veut) on fait

choix, pour déterminer α_1 et β_1, des couples de points :

(1) $[R, O; R+\varepsilon, h]$; (3) $[R_1, O; R_2, O]$;
(2) $[R, O; R-\varepsilon, h]$; (4) $[R_1, h; R_2, h]$.

1° Les choix (1) et (2) donnent de nouvelles approximations de l'équilibre relatif considéré d'un cylindre de révolution, de rayon R et de hauteur h (cas d'un arbre principal de machine, d'un obus cylindrique lancé par un canon rayé) et elles encadrent d'aussi près qu'on le désire la solution rigoureuse.

2° Les choix (3) et (4) donnent, dans le même mouvement, des approximations de l'équilibre relatif d'un anneau cylindrique de révolution, de rayons R_1 et R_2 et de hauteur h petite devant $R_2 - R_1$ (cas d'une meule évidée en son centre).

ÉLECTRICITÉ. — *Galvanomètres inscripteurs à fer mobile.* Note (¹) de MM. **Henri Abraham** et **Eugène Bloch**.

1. Les appareils magnétiques qui font l'objet de la présente Note sont des galvanomètres à plume destinés aux inscriptions sur papier enfumé des courants variables de l'ordre du milliampère (inscription des courants microphoniques, inscription des signaux de télégraphie sans fil, etc.). Ils ont été construits pendant les années 1916, 1917 et 1918, pour la Radiotélégraphie militaire et le Service géographique de l'Armée.

Leur principe, qui est susceptible d'autres applications, est le suivant : Un aimant (²) est muni de pièces polaires portant des bobinages en fil de cuivre. Entre les pièces polaires se trouve placée une pièce de fer doux mobile sur pivots (armature ou palette), dont les déplacements sont transmis à une plume qui inscrit sur papier enfumé. L'armature est aimantée par le champ permanent de l'aimant, comme dans les relais polarisés. Mais on a cherché à équilibrer toutes les forces provenant du champ magnétique permanent, afin de rendre indépendants l'un de l'autre le couple moteur et le couple résistant. On obtient ce résultat en disposant l'armature de manière que son aimantation soit symétrique par rapport à l'axe de rotation

---

(¹) Séance du 21 juillet 1919.

(²) Cet aimant peut être remplacé par un électro-aimant. Mais il faut alors une batterie auxiliaire, et l'avantage que l'on en retire n'est pas considérable, parce qu'il faut éviter des champs trop intenses, qui satureraient le fer de l'armature mobile.

ou par rapport à un plan passant par cet axe. On peut alors régler à la valeur que l'on désire et même annuler le couple magnétique qui tend à maintenir la palette mobile dans sa position d'équilibre; celle-ci devient une position d'équilibre indifférent. Un ressort spiral permet dès lors de choisir la valeur du couple stabilisateur que l'on veut employer.

Le couple moteur est créé par les bobines polaires. Elles sont parcourues par le courant variable que l'on veut inscrire, et bobinées dans un sens tel que, sous l'action du courant, le champ magnétique tende à augmenter d'un côté de l'armature mobile et à diminuer de l'autre côté. La rotation et l'équilibre de l'armature sont ainsi régies par un mécanisme analogue à celui qui intervient pour provoquer la rotation de l'aiguille d'un électromètre à quadrants.

Les avantages de ce montage sont les suivants. D'abord le flux magnétique dont les variations entraînent la rotation de l'armature se ferme tout entier à travers l'armature et les pièces polaires de l'aimant, sans que ce flux variable traverse l'aimant lui-même. Il n'y a donc aucun risque de désaimantation de l'aimant permanent par un courant accidentel trop intense qui viendrait à parcourir les bobines.

D'autre part, l'armature étant placée symétriquement dans le champ magnétique, elle est en équilibre à peu près indifférent, et le ressort directeur permet de la stabiliser en réglant à volonté la période propre de ses oscillations et par suite la sensibilité de l'appareil.

L'amortissement, très énergique, est causé par les effets magnétiques développés dans la palette mobile par ses mouvements dans le champ de l'aimant. Il dépend de la puissance de l'aimant et de la largeur de l'entrefer. Ces éléments peuvent être choisis de manière à opérer au voisinage de l'amortissement critique, et c'est une qualité caractéristique des appareils de ce type que de posséder spontanément un très bon amortissement magnétique.

2. Les formes des appareils que nous avons réalisés sont assez variées. Signalons en premier lieu un *magnéto-oscillographe à plume* que l'on peut assimiler à une petite magnéto tétrapolaire analogue aux magnétos d'appel des téléphones, et dont le fer mobile, monté sur pivots, entraîne, par un système de leviers amplificateurs, la plume destinée à l'inscription. Les quatre pièces polaires sont en fer feuilleté, et les bobines polaires sont connectées de telle sorte que le passage d'un courant dans le système tende à créer deux pôles nord dans deux pièces polaires diamétralement

opposées et deux pôles sud dans les deux autres. Le courant tend donc bien à faire tourner l'armature autour de son axe.

Dans un modèle plus réduit, la pièce mobile est une palette plane de faible épaisseur, dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation, et qui est mobile entre des pièces polaires planes et parallèles. La forme et la disposition de la palette et des pièces polaires rappellent celles de l'aiguille et de deux secteurs contigus d'un électromètre à quadrants. Comme, dans cet instrument, les actions électromagnétiques tendent à faire tourner la palette dans son propre plan vers une des pièces polaires ou vers l'autre, suivant le sens du courant, l'appareil est un *oscillographe à quadrants*.

Quand la palette mobile est munie d'un prolongement qui vient, dans son mouvement, fermer un contact auxiliaire, l'appareil devient un *relais à quadrants*. En diminuant le plus possible les dimensions et par suite l'inertie de la palette mobile, et en ne lui demandant plus que d'entraîner un miroir qui permette l'enregistrement sur une bande photographique, on obtient un *oscillographe magnétique à miroir* : l'appareil rappelle alors à certains égards l'oscillographe à fer doux de M. A. Blondel.

3. La sensibilité obtenue avec les oscillographes à plume est de l'ordre du millimètre sur la bande enfumée pour un courant de 1 milliampère, lorsque la résistance des bobines est de 500 ohms, et que la période propre est de l'ordre de $\frac{1}{100}$ de seconde. L'amortissement est alors pratiquement parfait.

Pour les inscriptions simultanées de plusieurs courants microphoniques, les oscillographes à quadrants que nous avons établis ont environ 500 ohms de résistance. Les dimensions et le poids de l'appareil ont été réduits au minimum, afin de pouvoir grouper jusqu'à six appareils pour l'inscription sur une même bande enfumée.

Pour les inscriptions de T. S. F., les appareils peuvent être utilisés isolément ou par groupes de deux. On peut alors employer avec avantage le magnéto-oscillographe décrit en premier lieu, avec une résistance de bobinage de quelques milliers d'ohms, ce qui lui donne une sensibilité de 5^{mm} à 10^{mm} par milliampère. L'oscillographe peut ainsi remplacer le téléphone sur le circuit de plaque d'un amplificateur à lampes, sans qu'il soit nécessaire d'interposer aucun relais mécanique auxiliaire.

En résumé, l'emploi d'une armature de fer doux mobile sur pivots, et équilibrée mécaniquement et magnétiquement d'une manière aussi com-

plète que possible, permet de réaliser des appareils inscripteurs robustes, à très courte période et bien amortis. Ils soutiennent la comparaison avec les appareils à cadre mobile qui ne pourraient fournir les mêmes sensibilités et, surtout, les mêmes amortissements, qu'en exigeant l'emploi de puissants électro-aimants.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réaction d'induit des alternateurs.* Note [1] de M. E. Brylinski, transmise par M. A. Blondel.

Dans les nombreux et intéressants travaux qui ont été publiés sur la réaction d'induit des alternateurs, il semble que les auteurs aient laissé systématiquement de côté l'introduction de l'hystérésis magnétique (se bornant à en tenir fréquemment compte par l'adoption d'une résistance fictive supplémentaire des enroulements).

La présente Note a pour but d'essayer cette introduction et d'examiner s'il est vraiment utile de compliquer encore la théorie existante.

D'après celle-ci, telle que l'expose M. Blondel, le courant que l'alternateur débite peut se décomposer fictivement en un courant $I_p \sin\omega t$ en phase avec la force électromotrice à vide, et un courant en quadrature $I_q \cos\omega t$.

Chacune de ces composantes $I_p \sin\omega t$ et $I_q \cos\omega t$ produit une force magnétomotrice en phase avec elle; cette force magnétomotrice produit un flux d'induction en retard de l'angle θ, d'après la simplification de Potier [2], et dont la valeur sera $a I \sin(\omega t - \psi' - \theta)$, a étant un coefficient convenable. Il en résulte que le flux de réaction transversale ne sera pas égal, en valeur maximum, à aI_p, mais à

$$a I \cos(\psi' + \theta) = a(I_p \cos\theta - I_q \sin\theta),$$

et que le flux de réaction directe ne sera plus égal à I_q, mais à

$$a' I \sin(\psi' + \theta) = a'(I_q \cos\theta + I_p \sin\theta),$$

a' étant un autre coefficient convenablement choisi dans certaines limites de fonctionnement.

On voit immédiatement l'influence assez simple de l'hystérésis sur la

---

[1] Séance du 21 juillet 1919.

[2] Par suite de l'hystérésis, le flux produit par un courant sinusoïdal est représenté par une série de Fourier; Potier la limite au premier terme, caractérisé par un angle de retard θ.

réaction d'induit. En principe, cette influence peut être considérable, si l'angle θ de retard est grand; d'autre part, certains essais effectués en vue de déterminer la résistance des rails d'acier, en courant alternatif, ont conduit à admettre, dans ces cas, des valeurs de $\sin\theta$ atteignant $0,4$. On n'en saurait conclure qu'il en soit de même pour les alternateurs, où la puissance dissipée en chaleur par hystérésis est strictement limitée, mais il vaut la peine de chercher à s'en rendre compte.

On peut songer tout d'abord à utiliser, lorsqu'on en possède, une caractéristique à vide ascendante et descendante de l'alternateur en assimilant cette caractéristique à deux branches à une portion de courbe d'hystérésis provenant d'un champ sinusoïdal à basse fréquence. Mais chaque détermination de la tension à vide est une mesure de tension efficace résultant d'un grand nombre de cycles, de sorte qu'elle donne en réalité le sommet du cycle d'hystérésis correspondant à l'excitation employée. La caractéristique à vide apparaît ainsi comme la courbe des sommets des cycles, qui devrait être la courbe du magnétisme du fer vierge.

On peut, cependant, au prix de nombreuses approximations, se rendre compte de l'ordre de grandeur de cet angle en comparant la puissance P d'un alternateur à la fraction εP de cette puissance dissipée en hystérésis dans la machine.

Pour fixer les idées, nous supposerons que l'alternateur ait q phases, p paires de pôles et n spires d'induit par phase et par champ magnétique bipolaire, de sorte que le nombre des fils périphériques de l'induit sera égal à $2npq$.

La variation, pendant le temps dt, d'énergie perdue par hystérésis par unité de volume a pour valeur $\frac{\mathcal{H}\,d\mathcal{B}}{4\pi}$.

Envisageons un élément du tube d'induction magnétique, de surface équipotentielle dS et de longueur dl. La variation d'énergie magnétique de cet élément de volume pendant le temps dt sera

$$\frac{\mathcal{H}\,dl\,dS\,d\mathcal{B}}{4\pi}=\frac{d\mathcal{E}\,d(d\mathcal{F})}{4\pi}.$$

Le long du tube d'induction, le flux $d\mathcal{F}$ reste constant; on peut donc intégrer le potentiel magnétique, ce qui donne, en appelant I_c l'excitation,

$$\frac{\mathcal{E}\,d(d\mathcal{F})}{4\pi}=\mathrm{N}\,\mathrm{I}_c\sin\omega t\,d(d\mathcal{F}).$$

Cette expression peut s'intégrer sur toute la surface équipotentielle, ce

qui donne pour la variation d'énergie magnétique dans tout le volume d'un champ magnétique bipolaire

$$NI_e \sin\omega t \, d[\mathcal{F}_m \sin(2\omega t - \theta)] = NI_e \omega \mathcal{F}_m \sin\omega t \cos(\omega t - \theta) \, dt,$$

ce qu'on peut encore écrire

$$\frac{NI_e \omega \mathcal{F}_m}{2} [\sin(2\omega t - \theta) + \sin\theta] \, dt.$$

En intégrant pendant un nombre entier de périodes, le terme qui contient le temps dans le signe sinus disparaît, et si ce temps est égal à l'unité, on a, pour la puissance perdue par hystérésis dans l'alternateur entier,

$$\varepsilon P = \frac{pNI_e \omega \mathcal{F}_m}{2} \sin\theta.$$

D'ailleurs, la force électromotrice vraie, qui diffère assez peu de la tension aux bornes, a pour valeur efficace

$$E = \frac{Knp\omega \mathcal{F}_m}{\sqrt{2}}$$

et la puissance P peut se mettre sous la forme qEI, en circuit non inductif, si l'on appelle I le courant normal d'induit, de sorte que

$$\sin\theta = \varepsilon \frac{KnqI}{NI_e} \sqrt{2}.$$

En court circuit, on a approximativement

$$NI_e = K'' q n I_{cc} \sqrt{2} = K' K'' n I q \sqrt{2}$$

en appelant K′ le rapport du courant du court circuit au courant normal, et K″ le coefficient à appliquer aux ampères-tours de l'induit, ce qui donne finalement comme ordre de grandeur

$$\sin\theta = \varepsilon \frac{K}{K' K''}.$$

Dans cette formule, ε vaut un ou deux centièmes, $\frac{K}{K''}$ est de l'ordre de 2 et K′ est généralement égal à quelques unités. On voit donc que sin θ est de l'ordre d'un centième environ, autant qu'il est possible de s'en rendre compte par cette évaluation un peu grossière.

On peut en conclure que, sauf dans des cas très particuliers, par exemple si l'angle ψ venait à être très petit ou très voisin d'un droit, il sera inutile de tenir compte de l'hystérésis dans la réaction d'induit des alternateurs autre-

ment que par une majoration fictive de la résistance déterminée d'après l'énergie dissipée.

Il pourrait en être autrement si l'on venait, dans des buts très spéciaux, à construire des alternateurs dont une fraction importante de la puissance serait transformée en chaleur par hystérésis.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un procédé de téléphonie secrète.* Note (¹) de **M. E. Poirson**, présentée par M. J. Carpentie.

Observations ayant conduit au principe du procédé. — Un courant téléphonique, *issu d'un transformateur téléphonique*, peut être déformé systématiquement, par un moyen mécanique, et sans superposition d'aucun courant électrique extérieur. On peut lui faire subir soit des interruptions périodiques, soit des inversions périodiques régulières.

Si l'on écoute dans un téléphone le courant téléphonique ainsi modifié, voici ce qu'on observe :

a. Interruptions périodiques de durée égale à celle des non-interruptions. Le Tableau suivant indique l'impression produite.

F. Nombre d'interruptions par seconde.	Observations.
0 à 125	Voix très altérée, rocailleuse, on comprend mal.
125 à 170	Voix moins altérée, on comprend mieux.
210 à 270	Voix très altérée, hachée, on comprend mal.
290 à 300	Voix redevient meilleure, on comprend mieux.
400 à 1500	Voix très hachée, presque incompréhensible.
2000 à 2500 et au-dessus	A partir de 2000 périodes, la voix n'est plus altérée ; la parole passe nette et claire.

Plus le temps d'interruption est court par rapport au temps de non-interruption, moins la parole est altérée.

b. Inversions périodiques. — Si, au moyen d'un commutateur tournant, on inverse périodiquement le courant téléphonique suivant le schéma ci-après (*fig.* 1), on produit une modification de sa composition harmonique d'autant plus profonde que la fréquence d'inversions est plus élevée. La parole devient tout à fait inintelligible ; on entend toujours parler, mais

(¹) Séance du 7 juillet 1919.

comme une langue étrangère et bizarre. Le Tableau suivant indique l'impression produite.

F. Nombre d'inversions par seconde.	Observations.
0 à 100	Parole compréhensible, mais comme enrhumée fortement.
150 à 170	Parole compréhensible, moins enrhumée.
200 à 250	Parole compréhensible, redevient plus altérée.
250 à 300	Parole compréhensible, redevient meilleure.
300 à 600	Parole peu compréhensible; la déformation augmente.
600 à 1000	Parole incompréhensible; mais il s'y superpose comme une voix soufflée, qui, elle, est compréhensible.
1050 et au-dessus....	A partir de 1050, la parole est tout à fait inintelligible, quelle que soit la fréquence.

Remarques curieuses. — Si l'on siffle un air de musique, il est rendu faux et déformé.

Le phénomène d'inversion est réversible; par exemple, à 3340 inversions

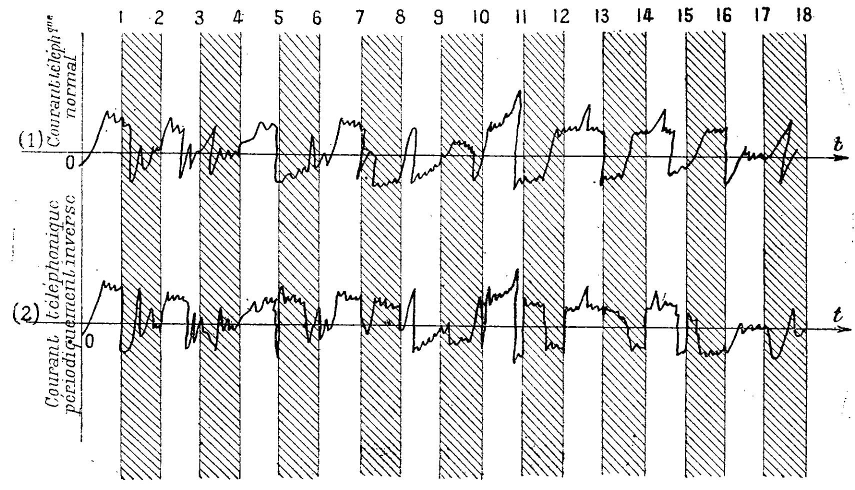


Fig. 1. — Oscillogrammes représentant :
(1) Un courant téléphonique normal. — (2) Un courant téléphonique périodiquement inversé.

par seconde, le mot *allô* devient *ôya*; si l'on prononce *ôya*, on entend nettement *allô*. On démontre qu'il doit en être ainsi.

Reconstitution du courant téléphonique primitif. — Le courant téléphonique inversé peut être redressé, à l'aide d'un commutateur identique à celui qui l'avait inversé, et l'on vérifie que ce courant téléphonique ainsi reconstitué dans son ordre normal reproduit intelligiblement la parole, nettement et sans altération.

Pour cela, il faut : 1° que le synchronisme existe entre l'appareil inverseur et l'appareil redresseur ; 2° que les deux appareils inversent en même temps (marche en phase).

Application à la téléphonie secrète. « Cryptophone ». — Ces propriétés ont été appliquées à la réalisation d'un appareil de téléphonie secrète, dénommé *cryptophone*. Cette réalisation a été faite à la Radiotélégraphie militaire, sous la direction du général Ferrié.

Il comporte un commutateur-inverseur adjoint à chaque poste téléphonique; cet appareil inversant les courants normaux émis, ou redressant les courants inversés reçus, la conversation peut s'établir dans les deux sens, et les courants téléphoniques sont inintelligibles tout le long de la ligne de transmission; on a donc bien la téléphonie secrète.

1° La condition de *synchronisme* entre les deux commutateurs éloignés est obtenue à l'aide de petits moteurs à courant continu, transformés en commutatrices monophasées et couplés par leurs bagues alternatives. Ils s'accrochent au synchronisme parfait, sans *balancements*, et les courants de synchronisation sont extrêmement faibles (1 milliampère).

La liaison de synchronisation peut alors être très résistante (synchronisation à très grandes distances). On utilise les fils téléphoniques eux-mêmes, avec la terre, pour constituer le circuit de synchronisation (circuit fantôme).

Chacun des petits moteurs M_1, M_2 est actionné par sa batterie locale, et la ligne n'a à transporter que des courants de synchronisation, très faibles. L'accrochage est automatique; une petite lampe sur le fil de terre, à chaque poste, rend visible l'accrochage au synchronisme, par la cessation des battements qui se produisent d'abord.

2° Le réglage, à la *phase* convenable, du redressement des courants téléphoniques inversés, est obtenu, à chaque poste, au moyen d'un organe permettant de régler le calage des balais sur le commutateur-inverseur-redresseur. Le réglage expérimental, à l'oreille, tient compte du déphasage introduit par les constantes électriques du circuit.

Expériences réalisées. — De nombreuses expériences ont été faites, avec succès, sur longs circuits, tels que : Paris-Chantilly, Chantilly-Amiens, Chartres-Le Mans, Chartres-Saint-Brieuc, Chartres-Bordeaux, jusqu'à 600^{km} de distance.

On peut prévoir d'utiles applications, militaires ou privées, du cryptophone, ainsi que du dispositif de télésynchronisation qui y est employé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Phénomènes de luminescence électrolytique présentés par certaines anodes métalliques* (1). Note de M. **James Lavaux**, présentée par M. A. Haller.

La présente Note est relative à des phénomènes encore incomplètement étudiés, que j'ai découverts en 1913 et que, dès cette époque, j'ai montrés à divers physiciens et chimistes.

Il s'agit de phénomènes lumineux, corrélatifs d'un état de polarisation anodique intense, que présentent dans certaines conditions d'électrolyse, que je préciserai pour chacun d'eux, divers métaux capables de donner, avec l'anion de l'électrolyte, des sels insolubles, adhérents et doués de résistivité. J'ai pu constater que ceux-ci présentent au passage du courant une résistance très grande, dans le sens où s'est polarisée l'anode et très faible pour un courant de sens contraire. Ce mode de conductibilité unilatérale, très connu pour l'aluminium, avec lequel il atteint un haut degré, entre 0 et 200 volts, dans les solutions de phosphates alcalins, se montre bien plus général qu'on ne le pense. Mais j'ai reconnu que l'interprétation, qui a généralement cours à son égard, n'est pas en accord complet avec les faits et semble très insuffisante. Aussi ai-je cherché à l'étudier et à trouver une explication plus satisfaisante.

Parmi les métaux que j'ai pu étudier jusqu'ici, les uns se sont montrés réfractaires, au moins avec les électrolytes que j'ai employés, à toute tentative de polarisation anodique. Tels sont le fer, le cuivre, le cadmium, le plomb, qui ne présentent non plus aucun phénomène lumineux. D'autres, au contraire, qui se laissent plus ou moins facilement polariser, manifestent des phénomènes de luminescence intenses, comme l'aluminium, le magnésium, le zinc, le bismuth. Ces phénomènes sont de plusieurs sortes et peuvent se ramener à deux types très différents d'aspect, et apparemment d'origine, que j'appellerai, l'un, d'après son apparence seule et sans vouloir au fond préjuger de sa nature, la phosphorescence, l'autre l'étincellement.

Le premier, très curieux et très mystérieux dans ses causes, présente l'aspect des corps phosphorescents. Seuls s'y sont prêtés jusqu'ici, parmi les métaux que j'ai rangés dans la seconde catégorie, ceux qui sont connus pour former des composés susceptibles de subir la phosphorescence cathodique dans le tube de Crooks, l'aluminium, le zinc, le magnésium. Au contraire, le bismuth ne manifeste nettement que l'étincellement, et m'a

paru inapte à ce genre de luminescence qui pourrait n'être, au fond, qu'une forme parente de la phosphorescence cathodique. En tout cas, il y a lieu de remarquer que ces phénomènes de phosphorescence électrolytique n'apparaissent que dans des champs électriques, très courts il est vrai, mais d'une intensité extrême, pouvant atteindre et même dépasser, comme je le montrerai pour l'aluminium, 100 fois celle de 3000 volts par centimètre, qui suffit, dans les tubes à vide, pour provoquer les rayons cathodiques et les rayons canaux, et, sous leur action, la phosphorescence des composés des mêmes métaux.

Quelle que soit la cause profonde de cette phosphorescence, elle apparaît comme un phénomène entièrement nouveau dans l'électrolyse, lié au fait d'une haute polarisation de l'anode et de la création à sa surface d'un champ électrique intense. La phosphorescence a lieu sans aucun bruit ni crépitement avec une dépense infime de courant et un très faible dégagement de chaleur, quand la polarisation est assez parfaite, comme c'est le cas avec l'aluminium. On ne peut pas la confondre avec un phénomène d'incandescence de la couche isolante pour diverses raisons que j'exposerai. Enfin elle paraît présenter le caractère d'un attribut normal de la lame polarisée, sous l'effet du faible courant qui la traverse.

L'étincellement, au contraire, paraît caractériser un fonctionnement anormal des appareils. Il se présente sous deux formes :

1° Sous l'aspect de petites étincelles brillantes, plus ou moins nombreuses, rares d'habitude, qui s'allument et s'éteignent continuellement, cantonnées surtout autour de l'anode, à la surface libre de l'électrolyte, là où existe la tendance au plus fort échauffement, en même temps que le point faible de la couche isolante que la formation a déposée sur l'anode et qui provoque la polarisation.

2° Sous forme d'une pluie de feu qui recouvre d'un scintillement de menues étincelles fugaces et changeantes toute la surface immergée de l'anode et lui donne l'apparence d'un ciel étoilé en continuelle transformation. C'est un phénomène du plus brillant effet, qui se produit quand on élève le voltage appliqué aux lames polarisées, plus haut que ne peut le supporter la résistance mécanique de la couche isolante, ou encore, parfois, lorsque s'élève trop, pendant la formation, la température de l'électrolyte, ce qui abaisse cette résistance mécanique.

Sous ces deux formes, l'étincellement est dû à la rupture momentanée de la couche isolante en des points où passe, pendant quelques instants, un courant assez intense pour volatiliser un filet liquide, d'où interruption, étincelle et crépitement particulier, tandis que, d'autre part, la couche isolante se reforme et bouche la déchirure.

L'étincellement ne représente en somme qu'une forme nouvelle, pouvant

s'appliquer à de grandes surfaces, sans grande dépense de courant, du phénomène d'illumination des électrodes très petites, au passage de courants intenses, observé par différents physiciens, étudié par R. Colley (¹) et présenté sous une forme particulière par Righi, qui accompagne le fonctionnement de l'interrupteur primitif de Wehnelt et de ses modifications. R. Colley, étudiant au miroir tournant une petite électrode de platine montée dans l'eau acidulée sulfurique, suivant le dispositif qui est devenu plus tard l'interrupteur de Wehnelt, définit l'image qu'on y aperçoit, par cette comparaison d'un ciel étoilé, toujours changeant, que je lui ai empruntée. Elle dépeint bien l'aspect de la lame polarisée et survoltée que je décris, vue sans qu'il soit nécessaire de recourir aux miroirs tournants.

De tous les métaux que j'ai étudiés, l'aluminium présente au plus haut degré les phénomènes les plus beaux, les plus stables, les plus accessibles à l'expérience. Il montre à volonté une phosphorescence très brillante ou un étincellement éclatant. Pour le magnésium et le zinc, la phosphorescence est, comme la polarisation, beaucoup plus fugace, peu stable et difficile à étudier. Pour le bismuth, je n'ai pu déceler avec certitude que l'étincellement.

Je me propose d'étendre ces recherches à certains métaux que je n'ai pu encore étudier et, pour les autres, de les compléter jusqu'au point où il sera utile. Pour la plupart d'entre eux, l'intérêt de cette étude reste restreint au cas particulier du métal envisagé. Pour d'autres, au contraire, il peut présenter un caractère plus général, si les résultats obtenus sont de nature à jeter un peu de jour sur le problème complexe des phénomènes dont l'électrode polarisée est le siège, je veux dire sur le mécanisme de la *polarisation*, de la *conductibilité unilatérale* qui l'accompagne et de la *phosphorescence* qui s'y superpose, dans le cas de certains métaux. Pour ceux-là, je me propose de multiplier les expériences suivant les trois directives que je viens de citer. L'aluminium est, à ce point de vue, de beaucoup le plus important.

(¹) R. Colley, *Journ. de Phys.*, t. 9, 1880, p. 155.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les indirubines*. Note de M. **Jh. Martinet**, présentée par M. A. Haller.

La première synthèse d'indirubine a été faite par von Baeyer (1) et la constitution en a été définitivement fixée par Wahl et Bagard (2). Elle répond à la formule

```
 /\____C    OC____/\
|  |    |\\  |    |  |
|  |    |  \\|    |  |
|  |    |CO  C    |  |
 \/ \  /      \  / \/
     N          N
     H          H
```

Nous avons préparé un certain nombre de ces colorants pour cuve par trois modes opératoires différents :

1° Par le procédé classique de condensation des isatines avec l'acide indoxylique, dans une atmosphère d'hydrogène en milieu légèrement alcalin.

2° Par condensation de ces mêmes isatines avec l'α-anilide de l'isatine, en milieu ammoniacal, dans un courant de gaz sulfhydrique. La solution se colore en vert et laisse bientôt déposer des flocons violets. Mais souvent une grande partie du produit cherché reste dans les eaux mères sous forme de leuco-dérivé. Celles-ci, filtrées puis chauffées au bain-marie dans un courant d'air, abandonnent encore du colorant.

3° On arrive au résultat attendu, avec une facilité remarquable, en projetant dans une solution acétique d'isatine chauffée au bain-marie la fondue technique de phénylglycine ; la solution se colore en violet, et en cinq minutes on obtient un feutrage de fines aiguilles d'indirubine substituée.

La fondue de phénylglycine et l'α-anilide de l'isatine nous ont été gracieusement offertes par M. Bourcart, de la Compagnie nationale des Matières colorantes, et par la Société pour l'Industrie chimique à Bâle que nous sommes heureux de remercier.

Nous avons ainsi préparé :

Avec l'isatine, l'indirubine ou indol-2-indol-3-indigo, bien connu.

Avec la méthyl-1-isatine, l'indol-2-(méthyl-1-indol)-3-indigo de Wahl et Bagard (3).

---

(1) Baeyer, *Deutsche chem. Ges.*, t. 14, p. 1745.

(2) A. Wahl et Bagard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1382.

(3) Wahl et Bagard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 898.

Avec la méthyl-1-bromo-5-isatine, l'indol-2-(méthyl-1-bromo-5-indol)-3-indigo. F. 265°-266°.

Avec l'éthyl-1-isatine, l'indol-2-(éthyl-1-indol)-3-indigo. F. 198° [1].

Avec l'éthyl-1-bromo-5-isatine, l'indol-2-(éthyl-1-bromo-5-indol)-3-indigo. F. 250°-251°.

Avec la méthyl-5-isatine, l'indol-2-(méthyl-5-indol)-3-indigo. F. 289°, par projection sur un bloc Maquenne.

Avec la diméthyl-5.7-isatine, l'indol-2-(diméthyl-5.7-indol)-3-indigo. F. vers 337°, par projection.

Avec la triméthylène-1.7-isatine, l'indol-2-(triméthylène-1.7-indol)-3-indigo. F. 252°.

Avec la méthyl-5-triméthylène-1.7-isatine, l'indol-2-(méthyl-5-triméthylène-1.7-indol)-3-indigo. F. vers 265°.

Avec la méthyl-5-α-méthyltriméthylène-1.7-isatine, l'indol-2-(méthyl-5-α-méthyltriméthylène-1.7-indol)-3-indigo. F. 204°-205° de formule

H^3C — C — OC
CO — C
N — N H
H^2C — C — CH^3
C H^2

Ces substances se présentent, généralement, sous forme d'un feutrage de très fines aiguilles brun violet, brillantes, à reflet métallique mordoré, assez peu solubles dans les solvants usuels. On emploie, pour la purification, l'alcool, l'acide acétique, l'aniline ou le benzoate d'éthyle.

Les solutions alcooliques rouge violet sont très rapidement décolorées à chaud par quelques gouttes de potasse, quand ces indirubines ont un substituant sur l'azote. Celles non substituées dans cette position se décolorent aussi, mais beaucoup plus lentement.

Ces colorants donnent, avec les hydrosulfites en milieu alcalin, des cuves jaune pâle qui teignent facilement la laine et la soie, mais qui ont peu d'affinité pour le coton. Elle augmente pourtant avec les substitutions. Les cuves d'indirubines monobromées obtenues n'ont encore qu'une affinité faible pour les fibres végétales, tandis que les dérivés tétrabromés de l'indirubine ordinaire sont utilisés.

---

[1] BAEYER, *Deutsche chem. Ges.*, t. **16**, p. 2200.

Ces produits se dissolvent à froid dans l'acide sulfurique à 66° B, avec une coloration verte quand ils sont bromés et violette plus ou moins brunâtre quand ils ne le sont pas. Les solutions sulfuriques, abandonnées à elles-mêmes pendant quelques heures à la température ordinaire ou en quelques minutes au bain-marie, prennent une belle coloration rouge violet, celle d'un dérivé sulfoné bien soluble dans l'eau chaude, plus ou moins dans l'eau froide. Ces nouveaux colorants acides teignent directement les fibres animales en une teinte très voisine de celle fournie par les substances mères.

Il est à noter que tandis que le poids moléculaire, la volatilité, le point de fusion, la solubilité des indirubines obtenues varient d'une manière notable de l'une à l'autre, la coloration violet rouge des solutions alcooliques ou acétiques ne change pas sensiblement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Températures critiques de dissolution* (TCD) *dans l'aniline des mélanges d'hydrocarbures. Application à l'analyse des essences de pétrole* ([1]). Note de MM. **Ch. Chavanne** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note précédente ([2]) se trouvent rassemblées, dans un Tableau, les TCD avec l'aniline des principaux carbures volatils au-dessous de 150° renfermés dans les essences de pétrole.

Pour les carbures acycliques, les valeurs observées sont assez voisines : 69° à 74°; elles s'écartent davantage pour les carbures cycliques saturés : 18° à 49°; enfin, les carbures aromatiques sont entièrement miscibles à l'aniline.

Sur ces remarques, il est possible de fonder, conjointement avec la distillation fractionnée, une méthode nouvelle d'analyse des essences de pétrole; mais avant de passer à ce cas, extrême par sa complexité, il nous faut envisager quelques mélanges plus simples.

I. *Mélange de deux carbures acycliques.* — Isohexane de l'essence de pétrole et heptane normal synthétique.

([1]) La présente Note fait directement suite à celle des mêmes auteurs qui figure dans les *Comptes rendus* du 9 juin (t. **168**, p. 1111). Sa publication aurait dû précéder celle de la Note parue le 15 juillet (t. **169**, p. 70). Dans la note infrapaginale (p. 71), au lieu de t. **168**, p. 1111, il faut lire t. **169**, p.

([2]) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1111.

II. *Mélange d'un carbure acyclique et d'un cyclique saturé.* — Heptane normal et méthylcyclohexane synthétiques.

L'expérience a établi que, dans ces deux cas, la TCD observée directement était conforme à celle que fournit le calcul par la règle des mélanges. La propriété est additive. En d'autres termes, pour de tels mélanges binaires, la composition quantitative est fournie par une mesure de TCD.

III. *Mélange de deux carbures cycliques saturés.* — 1° Mélange de deux isomères : cyclohexane et méthylcyclopentane; 2° Mélange de deux homologues : cyclohexane et méthylcyclohexane, méthylcyclohexane et *m*-diméthylcyclohexane.

Ici, l'accord n'est plus aussi parfait entre la valeur calculée par la règle des mélanges et la valeur observée directement. Bien que l'écart ne soit pas très notable, il vaut mieux éviter de faire appel à une additivité insuffisante. Il suffit, pour cela, que par un fractionnement assez serré d'une essence, on n'ait jamais à envisager un mélange renfermant à la fois deux carbures cycliques saturés.

IV. *Mélange des carbures aromatiques avec les autres carbures.* — Envisageons le cas du benzène; il n'y aura qu'à répéter pour le toluène et le métaxylène, puisque les écarts entre leurs points d'ébullition sont suffisants pour qu'on puisse, par un fractionnement assez serré, n'avoir jamais à envisager un mélange renfermant à la fois deux d'entre eux.

Les carbures aromatiques, sauf cas particuliers, ne sont jamais présents en proportions prépondérantes dans les essences, et ce qui suit n'a l'intention de s'appliquer qu'au cas général où leur teneur globale ne dépasse pas 10 à 15 pour 100.

Si l'on introduit dans une essence de pétrole, privée par nitration de tout carbure aromatique, des quantités connues et croissantes de benzène, il se produit une dépression de la TCD initiale; cette dépression s'accentue à mesure que s'accroît l'addition de benzène, et, en première analyse, elle lui est proportionnelle. Le coefficient de proportionnalité admis est 1,14. C'est-à-dire que si l'on connaît la dépression de la TCD dans l'aniline produite par une *certaine proportion centésimale* de benzène, cette proportion s'en déduit simplement en multipliant la dépression par le facteur 1,14.

Dans la réalité, ce facteur constant n'est pas absolument indépendant de la proportion de benzène : à mesure que croît la teneur en benzène, le coefficient croît légèrement.

Il n'est pas non plus absolument indépendant de l'essence envisagée,

c'est-à-dire des carbures acycliques ou cycliques saturés auxquels le benzène est mélangé.

Mais si l'on tient compte des proportions habituelles du benzène et des constituants dont la volatilité est voisine de celle du benzène, le coefficient 1,14 est suffisamment exact pour l'application.

De même pour le toluène le coefficient 1,19 et pour le xylène le coefficient 1,24.

Analyse quantitative d'une essence de pétrole passant au-dessous de 150° : — 1° *Détermination des carbures aromatiques.* — L'essence est fractionnée : le benzène se trouve réparti dans plusieurs fractions, mais chaque fraction ne renferme pas d'autre carbure aromatique.

On détermine la TCD avec l'aniline de chaque fraction; on élimine par nitration le carbure aromatique et l'on réitère la mesure de TCD. L'ascension de la TCD observée renseigne sur la proportion de benzène dans la fraction considérée. Un calcul évident fournit la teneur globale en benzène. On opère de même pour le toluène et pour le xylène.

2° *Détermination des carbures cycliques saturés.* — Les fractions débarrassées par nitration des carbures aromatiques sont soumises à un second tour de fractionnement conduit méthodiquement, de manière que chaque fraction ne renferme qu'un seul carbure cyclique saturé, ce carbure pouvant, bien entendu, se trouver disséminé dans plusieurs fractions consécutives.

Chacune des fractions est donc constituée par le mélange d'un carbure cyclique avec un ou deux carbures acycliques, mélange auquel s'applique l'additivité des TCD.

Si les frontières de fractionnement sont judicieusement choisies (et cela une fois pour toutes), la TCD qui revient aux carbures acycliques supposés seuls dans une fraction donnée est *connue :* il suffit de tenir compte des limites de la fraction et de l'application légitime du principe d'additivité. D'autre part la présence dans cette fraction d'un carbure cyclique saturé de TCD *connue* impose à cette fraction une TCD qui se combine à la précédente pour aboutir à la valeur de la TCD observée directement. On possède donc tous les éléments du calcul nécessaire pour fixer la proportion du carbure cyclique dans chacune des fractions où il peut se trouver. Un calcul évident rassemble sa teneur globale, et de même pour les autres.

Il est dès lors bien clair que la précision du résultat dépend de la perfection avec laquelle est réalisée la séparation par distillation fractionnée des divers carbures cycliques saturés.

Tous les éléments sont ainsi réunis pour fixer la composition de l'essence en carbures aromatiques (benzène, toluène, xylène) et en carbures cycliques saturés (cyclopentane et ses dérivés, cyclohexane et ses dérivés).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation spontanée des complexes organiques du cobalt.* Note de MM. **H. Colin** et **O. Liévin**, présentée par M. Charles Moureu.

Certains composés azotés du cobalt, les cobaltammines, les cobaltocyanures, sont avides d'oxygène. D'après Manchot ([1]), lors de l'oxydation à l'air des cobaltocyanures, la quantité d'oxygène fixée est double de celle qui correspond au passage de l'état cobalteux à l'état cobaltique.

Ce ne sont pas les seules combinaisons cobalteuses susceptibles de s'oxyder spontanément. Job ([2]) a étudié le système : sulfate de cobalt, tartrate de soude et soude ; cette liqueur, d'abord rouge-violacée, devient rapidement verte, mais ici l'absorption d'oxygène se poursuit indéfiniment, le milieu organique réduisant la combinaison cobaltique qui se reforme sans cesse. C'est un exemple typique de transport d'oxygène.

Les sucres, un grand nombre de polyalcools et d'acides-alcools empêchent, comme l'acide tartrique, la précipitation du cobalt par les alcalis ; et les liqueurs, fortement colorées, s'oxydent à l'air et verdissent. Colin ([3]) et Sénéchal ([4]), qui ont entrepris l'étude de tels systèmes, ont vérifié que certains d'entre eux absorbent une masse limitée de gaz.

Il y a lieu, en effet, de distinguer deux cas bien différents, suivant que la quantité d'oxygène fixée est finie ou dépasse toute limite.

La glycérine et l'acide lactique forment, avec le cobalt, des composés du premier type : les solutions bleue ou rouge-violacée verdissent facilement, si l'alcalinité du milieu est convenable ; et elles absorbent au plus un atome d'oxygène pour un atome de cobalt. Encore ce maximum n'est-il pas atteint d'ordinaire : il existe vraisemblablement entre les combinaisons cobalteuse et cobaltique un équilibre dont la position varie avec la concentration en soude. Il faut, pour obtenir une liqueur franchement verte, opérer en présence d'une forte dose d'alcali, s'il s'agit de la glycérine ; avec l'acide lactique, on peut à peine dépasser la neutralité. Toutes ces liqueurs

---

(1) Herzog et Manchot, *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 23, 1900, p. 1742.

(2) Job, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1045.

(3) H. Colin et A. Sénéchal, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 625.

(4) André Sénéchal, tué à la bataille de la Marne (1914).

vertes se décomposent lentement et leur stabilité dépend elle-même de la richesse en soude.

Plus généralement, l'oxydation des composés cobalto-organiques progresse au-delà de toute limite, comme dans l'expérience de Job. La mannite, l'érythrite, le glucose, etc., en combinaison avec le cobalt, se comportent comme l'acide tartrique. Il faut observer toutefois que le glucose s'oxyde déjà en milieu alcalin; la présence du cobalt ne fait qu'accélérer la vitesse de la réaction. La mannite et l'acide lactique, au contraire, ne sont pas touchés dans ces conditions; mais de très faibles quantités de métal suffisent à amorcer l'oxydation.

Voici le détail de quelques expériences :

On introduit 50^{cm^3} de liqueur dans un récipient en verre de 145^{cm^3}; la température est maintenue à 20° et l'agitation régulière du liquide est assurée par un dispositif électrique. La proportion de gaz absorbée se déduit de la diminution de pression observée. Avec 2^g de glucose, 3^g de soude et des doses croissantes de cobalt, à l'état de sulfate, les masses d'oxygène fixées, après une heure d'expérience, sont les suivantes :

Co (en milliatomes).....	0.	0,01.	0,03.	0,05.	0,10.	0,16.	0,3.	0,5.	1.
O absorbé (en mg)...	6	7	10	12	13	14	16	16	17

On ne peut pas dépasser 1 milliatome sans provoquer la précipitation de l'hydrate métallique.

La coloration verte, dans le cas du glucose, est fugace, le composé cobaltique étant réduit rapidement. Le système mannite-cobalt donne des liqueurs vertes plus stables, qui néanmoins sont réduites, et ici encore la proportion d'oxygène croît indéfiniment.

On opère avec 2^g de mannite, 3^g de NaOH et 0,5 milliatome de cobalt (sulfate) :

Temps.	O absorbé.	Temps.	O absorbé.
	mg		mg
10 minutes...........	2,1	40 minutes..........	8,3
20 »	4,3	50 »	9,3
30 »	6,4	60 »	10,3

La quantité de 4^{mg} d'oxygène nécessaire pour atteindre le stade cobaltique est largement dépassée.

La vitesse d'absorption augmente avec la concentration en soude, jusqu'à un maximum.

[Conditions expérimentales : 2^g de mannite, 0,5 milliatome de cobalt (sulfate) doses croissantes de soude.]

Soude (en gr)......................	1,5	3	4,5	7,5	10,5
O absorbé (en mg) après 1 heure.......	6	10	12	12,5	9

Quelle interprétation convient-il de donner à ces phénomènes? Le cobalt en présence d'alcali forme avec les diverses matières organiques étudiées de véritables complexes; il se trouve dissimulé dans des ions électronégatifs dont la couleur varie du bleu au rose. Ces complexes s'oxydent spontanément et verdissent; en même temps, la substance organique est attaquée. Si les produits résultant de cette oxydation secondaire sont capables de réduire le complexe vert, il y a transport continu d'oxygène; sinon, l'absorption est limitée.

GÉOLOGIE. — *L'Eocène phosphaté d'Oued Zem (Maroc occidental).* Note [1] de M. **P. Russo**, présentée par M. Ch. Depéret.

La falaise qui domine la vallée, où est installé le poste de l'oued Zem, est constituée par un ensemble crétacé dont j'ai déjà indiqué la constitution [2], présentant une succession de Cénomanien, de Turonien et de Sénonien.

Ces assises sénoniennes sont couronnées en haut par une barre formée par un calcaire à silex et à dents de squalidés, dont je n'avais pu, en 1915, définir exactement l'âge, faute de dents déterminables.

Cette barre étant phosphatée, j'avais bien pensé à la placer dans le tertiaire inférieur, dans l'Eocène phosphatifère, mais rien ne m'y autorisant paléontologiquement, je l'avais réunie aux assises sous-jacentes.

Cette barre se continue vers le Sud-Ouest, par la Gara Fassis, et va rejoindre les assises phosphatées d'El Boroudj.

Aussi bien la région d'El Boroudj que celle d'Oued Zem ne m'avaient, en 1915, fourni aucun fossile en état de conservation suffisant pour dater exactement l'âge de cette assise, dont j'avais marqué toutefois la continuité de la falaise d'El Boroudj à celle d'Oued Zem.

Des galeries et des tranchées ouvertes récemment dans un but industriel m'ont permis de trouver maintenant la roche fraîche et quelques bons fossiles, comme cela vient aussi de se produire vers El Boroudj (M. Brives), et j'ai pu constater que la continuité d'Oued Zem à El Boroudj est bien réelle et que la zone des calcaires phosphatifères d'Oued Zem est la portion orientale du plateau éocène.

---

(1) Séance du 21 juillet 1919.
(2) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 136.

Cette assise, très mince à Oued Zem (15^m à 20^m), est formée d'un calcaire gris brun, complètement rempli de fragments de dents de poissons, et offrant de nombreux rognons de silex.

On y rencontre les espèces suivantes, dont je dois la détermination à M. Depéret :

Odontaspis cuspidata Ag. var. *Hopei* Le Hon ;

Otodus obliquus Ag. ;

Fragment de plaque dentaire de *Myliobatidé*.

(A noter que la présence d'un Myliobatidé suffirait seule à affirmer l'âge tertiaire de cette couche.)

Au-dessus existe un calcaire cristallin gris blanchâtre et un calcaire chamois que j'ai déjà décrits ([1]).

Au-dessous se montrent des calcaires tendres gréseux dorés, déjà décrits aussi et qui, dépourvus de fossiles, ressemblent étonnamment aux calcaires aturiens d'El Kantara, en Algérie; je pense devoir les maintenir dans le Sénonien.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'utilisation des températures pour la prévision des variations barométriques.* Note de MM. **G. Reboul** et **L. Dunoyer**.

On sait que l'arrivée d'une dépression venant de l'Océan est, en hiver, presque toujours accompagnée d'une hausse de température (hiver doux), tandis que l'établissement d'un régime de haute pression s'accompagne d'une baisse de température (hiver rigoureux). Les variations de température précèdent assez souvent celles de la pression, de sorte que l'on peut parfois s'en servir pour prévoir les variations du baromètre.

I. Les règles qui utilisent les températures pour la prévision peuvent se rattacher aux types suivants :

1° Celles qui font intervenir *les valeurs absolues* des températures. Exemple : les zones de températures élevées sont favorables à la baisse barométrique, les zones de basses températures favorisent la hausse.

2° Celles qui font intervenir *la distribution* de ces températures : des lignes isothermes semblables aux lignes isobares constituent un argument en faveur de la stabilité barométrique, des isothermes orientées perpendiculairement aux isobares sont un signe précurseur d'un changement de régime.

([1]) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 136.

3° Enfin les règles utilisant les *variations* de température : des températures en hausse sont favorables à la baisse du baromètre, des températures en baisse favorisent la hausse.

Quand on examine une série de cartes isobariques et isothermiques, il est facile de trouver des exemples vérifiant remarquablement l'une ou l'autre des règles qui précèdent. Mais si l'on veut discuter ces règles et en établir, en fonction des conditions de temps et de lieu, le coefficient de certitude, la difficulté est assez grande : les températures des diverses stations ne sont pas comparables entre elles, elles sont trop influencées par la position de la station et le voisinage du sol. Ces inconvénients sont un peu moins graves dans le cas des règles faisant intervenir les *variations* de température, aussi retiendrons-nous spécialement les règles du troisième type qui sont plus faciles à appliquer et à discuter.

II. Ces règles s'énoncent comme il suit :

1° *Les régions où la température est en hausse sont menacées par la baisse barométrique;*

2° *Les régions où la température est en baisse sont menacées par la hausse barométrique.*

L'application se fait de la manière suivante : on établit une carte météorologique des variations de température des 24 heures, en reportant à la position de chaque station la valeur de la différence entre la température actuelle et celle de la veille; cette valeur est portée à l'encre rouge si la différence est positive, à l'encre noire si elle est négative. Un coup d'œil sur la carte fait voir de larges zones où la température est nettement en hausse ou en baisse; ces zones délimitent les régions que la baisse ou la hausse barométrique ont des chances d'envahir.

III. Le coefficient de certitude de ces règles, c'est-à-dire le rapport entre le nombre de cas où les règles sont vérifiées et celui des cas où l'on en fait l'application, dépend essentiellement des saisons; le Tableau suivant donne les valeurs de ce coefficient pendant la période s'étendant de juillet 1917 à juillet 1918 :

Mois :	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
Règle 1...	0,63	0,66	0,50	0,73	0,66	0,75	0,68	0,71	0,62	0,41	0,58	0,55
Règle 2...	0,54	0,45	0,50	0,73	0,71	0,66	0,61	0,61	0,56	0,61	0,56	0,52

Hiver... { 0,70 / 0,65   Été... { 0,55 / 0,53

On voit que ces règles présentent, pendant les mois d'hiver, le même

intérêt pratique que celles que nous avons indiquées pour le vent au sol ou pour les vents de sondages. Pendant les mois d'été, au contraire, elles sont pratiquement inutilisables, puisque leur emploi nous induira en erreur environ une fois sur deux.

IV. La discussion précédente montre que les règles s'appliquent mieux lorsque la température du continent est inférieure à celle de l'Océan. On peut donc s'attendre à ce que leur application donne de meilleurs résultats sur les régions où la température moyenne est plus basse que sur celles où la température est plus élevée. Comparons, par exemple, la valeur des coefficients de certitude pendant les six mois d'hiver 1917-1918, sur la région méditerranéenne (latitude de 35° à 45°) et sur les régions ouest de l'Europe centrale (latitude de 45° à 60°).

Mois :	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.
Région méditerranéenne...	0,53	0,50	0,51	0,53	0,54	0,62
Région Europe centrale....	0,64	0,65	0,76	0,64	0,64	0,72

Valeur moyenne. { Région méditerranéenne.... 0,53
Région Europe centrale..... 0,67

En résumé, les règles ne sont pratiquement applicables en Europe que pendant les mois d'hiver et sur les régions de latitude supérieure à 45°.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations florales chez la Grande Marguerite* (Leucanthemum vulgare, *Lamarck*). Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. Guignard.

La Grande Marguerite présente, avec le Coquelicot, la particularité de se développer en grandes colonies au cours des années qui suivent le défrichement des clairières et des terrains vagues. Je l'ai observée en 1911, à la suite du labour d'une clairière du Parc de Meudon (Seine-et-Oise) pour y installer une pépinière; les terrains bouleversés par les bombardements et les tranchées de la grande guerre en fournissent quantités d'exemples. Après quelques années d'un développement magnifique, les colonies diminuent, les individus perdent leur vigueur première; les Graminées, les Légumineuses et beaucoup d'autres herbes s'emparent du terrain, étouffent Marguerites et Coquelicots, qui n'apparaissent plus que sporadiquement, en quantité suffisante toutefois pour l'ensemencement des grandes colonies, lorsque les conditions convenables se renouvellent.

La période d'*étalement des colonies* est très *favorable à la variation* des caractères héréditaires et j'en ai étudié plusieurs cas :

Une colonie de Grandes Marguerites qui m'a offert des modifications très variées se développe depuis 1915 sur l'emplacement d'une mare récemment désséchée, bordant la Forêt de Longuenée (limite N.-O. du territoire du Plessis-Macé, Maine-et-Loire). Je l'ai observée dans la première quinzaine de juillet 1919; elle comprend plus d'un millier de plantes, groupées sur 50^m de long et 6^m à 8^m de large, dont la croissance a été favorisée par une coupe récente du taillis de Chênes. Elle attire l'attention : 1° par l'*uniformité de croissance* de tous les individus, âgés de 3 ans et 2 ans, dont les grappes de 5 à 10 capitules sont au même stade de floraison; 2° par la *grosseur des tiges* (3^{mm} à 7^{mm} à la base), creuses, peu nombreuses (3 à 12 par plante) toutes velues et bien garnies de feuilles; 3° par la *taille très élevée* des tiges (80^{cm} à 150^{cm}) alors que la même espèce dans les environs de Paris et dans les champs de Maine-et-Loire est comprise entre 40^{cm} et 70^{cm}; 4° par la beauté des *capitules très fournis* en fleurons ligulés blancs, donnant l'impression nette d'un début de duplicature; 5° par *diverses anomalies* de croissance et plusieurs divergences qui méritent d'être exposées :

a. J'ai trouvé 5 *plantes fasciées*, dont 2 donnant des lames étalées de $1^{cm},5$ à 2^{cm}, subdivisées en lanières plus étroites, enroulées, ou soudées en piliers à 2, 3, 4 et 5 pans que terminent des crêtes de capitules soudés et distribués comme leurs pédoncules; ce sont des caractères propres aux fascies de la famille des Composées;

b. En aucun cas, je n'ai observé la métamorphose de fleurons jaunes hermaphrodites en fleurons ligulés blancs; mais sur le pourtour d'un capitule terminal d'une plante très fasciée, *un seul fleuron ligulé* était métamorphosé en *fleuron tubuleux*, modification qui distingue chez les Chrysanthèmes cultivés les sections à ligules planes des Chrysanthèmes à tuyaux.

c. La tendance à la *duplicature par multiplication* des fleurons ligulés était fort accusée. Je donne les dénombrements des ligules présentées par 100 capitules terminaux de *Leucanthemum vulgare* de Meudon, en culture depuis 10 ans, et par 100 capitules latéraux (troisième à partir du bouton-couronne non compris) de la même espèce du Plessis-Macé :

	Nombre de ligules par capitule.											
	15.	17.	19.	21.	23.	25.	27.	29.	31.	33.	35.	37.
Meudon (10 ans).........	6	19	23	30	15	7						
Le Plessis-Macé (3 ans)...		1	4	10	7	27	6	9	11	19	4	2

Sur quelques capitules terminaux du Plessis-Macé, j'ai trouvé jusqu'à 47 ligules. On sait que ces grands nombres traduisent des conditions meilleures de nutrition; les capitules terminaux ont toujours plus de ligules que les latéraux. La pratique de l'ébourgeonnement des Chrysanthèmes de Chine, pour la production des grosses fleurs, repose sur cette constatation commune.

d. Malgré l'uniformité d'aspect des plantes, les *feuilles* présentent des variations très nombreuses, à peine marquées pour les tiges d'un même individu, très sensibles entre les feuilles placées au même niveau d'individus différents; avec larges oreillettes

basilaires, ou rétrécies à la base; à limbes longs et larges, étalés en spatule ou courts, terminés en fer de flèche; à lobes rares ou nombreux, simples ou dentés.

e. L'étude, faite à la loupe, des *fruits*, dont les caractères ont une grande importance pour la classification des genres et des espèces de la Tribu des Chrysanthémées, m'a fait découvrir des *variations marquées dans l'ornementation des akènes* provenant des fleurons ligulés. Sur 25 individus, 21 ont bien les caractères propres au *Leucanthemum vulgare*, c'est-à-dire des akènes nus, sans couronne, ni aigrette; 2 offrent des couronnes bien marquées (attribut des bonnes espèces *L. lanceolatum*, *heterophyllum*, *corsicum*, *montanum* de de Candolle); 2 ont des couronnes à demi développées, ou irrégulièrement développées selon les fleurons et les capitules.

En résumé, de même que pour le Coquelicot [1], dans des conditions très favorables au développement végétatif, une même colonie de *Leucanthemum vulgare* a montré, dans les premières années de son extension, des variations marquées dans les caractères utilisés pour la classification des espèces et des sous-genres (ornementation des akènes), dans les caractères qui permettent de sérier les espèces élémentaires et les formes locales (lobes et contour des feuilles), dans les caractères qui sont fixés pour certaines variétés horticoles (duplicature par multiplication des ligules, métamorphose de fleur ligulée en fleur tubuleuse), le tout accompagné d'anomalies graves (fascies et enroulement hélicoïde des tiges) chez quelques rares individus.

BOTANIQUE. — *Modifications anatomiques des racines par action mécanique.* Note de Mme E. Bloch, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note [2], nous avons indiqué les premiers résultats obtenus expérimentalement, en exerçant une compression extérieure sur les tiges ou sur les racines de quelques plantes.

Ce travail était fait dans le but de reproduire par l'expérience certaines dissymétries de structure observées sur des plantes ayant poussé dans des terrains pierreux ou dans des fissures de rochers.

Nous avions aussi en vue la recherche des facteurs qui agissent sur les racines ou les tiges lorsqu'elles se développent dans des milieux variés

---

[1] L. Blaringhem, *Variations dans le Coquelicot* (Papaver Rhoeas, *L.*) (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1294).

[2] Mme E. Bloch, *Sur les modifications produites dans la structure des racines et des tiges par une compression extérieure* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1701).

(air, terre, eau) et présentent, de ce fait, les différences anatomiques remarquables qui ont été mises en évidence par Costantin ([1]).

La technique employée pour les expériences a déjà été indiquée sommairement dans notre premier travail. Bien qu'elle ait subi des modifications de détail, nous n'y insisterons pas ici. Nous nous contenterons de compléter les résultats déjà exposés, qui se rapportaient presque exclusivement à la dissymétrie de structure et à la lignification des tissus médullaires.

Notons d'abord que les plantes à racines et rhizomes comprimés, qui avaient été, au début, recueillies par nous dans des terrains pierreux, avaient fleuri et fructifié normalement. De même, toutes les plantes développées à partir de la graine et soumises à des compressions expérimentales (*Raphanus raphanistrum*, *Helianthus annuus*, *Impatiens Royelana*, *Solanum oleraceum*, *Polygonum tataricum*, *Soja hispida*, *etc.*) ont fleuri et fructifié normalement.

Donc, la compression, qui produit des modifications locales très importantes, n'a pas d'influence sur le développement général de la plante.

Ce résultat est d'autant plus remarquable que certains de nos échantillons subissent, sous l'influence de la compression, des déformations locales surprenantes : ainsi une racine de *Raphanus raphanistrum*, dont le diamètre moyen est de 10^{mm}, est réduite à 2^{mm} sur une hauteur de 20^{mm} par l'action d'un tube de verre extérieur, et cet exemple n'est pas isolé.

Au point de vue anatomique, voici quelques-uns des résultats obtenus : La surface de l'écorce a une structure très différente suivant qu'elle se développe au contact du verre ou au contact de la terre. Dans le premier cas, nous observons un épiderme à cellules isodiamétriques, régulières, légèrement cutinisées et ne formant qu'une assise de cellules, tandis que la racine poussant dans la terre a des formations subéro-phellodermiques avec assises de liège en files plus ou moins irrégulièrement développées. Ces résultats expérimentaux sont à rapprocher des faits que l'on peut observer dans la nature, sur le lierre, par exemple. La tige grimpante de lierre, appliquée sur un support par ses crampons, a des formations subéro-phellodermiques au contact du support et un épiderme simple du côté exposé à l'air.

Une autre modification générale dans les échantillons comprimés est

---

([1]) J. Costantin, *Influence du milieu sur la racine* (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. 1, 1885); *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones* (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t, 16, 1883).

la réduction totale ou presque totale de la moelle, souvent accompagnée d'une lignification abondante des rayons médullaires.

Chez les espèces qui, normalement, ont des fibres (*Solanum oleraceum*), l'emprisonnement dans les plaques ou tubes de verre empêche le développement de ce tissu dont il ne reste aucune trace.

Par contre, les plantes à liber interne, comme le *Solanum oleraceum*, continuent à différencier ce tissu dans les échantillons comprimés.

On peut tirer de l'ensemble des résultats obtenus quelques conclusions générales : certains tissus varient avec les conditions mécaniques du milieu (nature du milieu ambiant, compression extérieure); on peut les appeler *tissus d'adaptation*. On a vu que ce sont soit des tissus de protection comme l'épiderme, soit des tissus de soutien comme les fibres et le parenchyme médullaire, soit des tissus de réserve comme la moelle.

Les autres tissus, au contraire, que l'on peut appeler *tissus fonctionnels*, continuent à se développer à peu près normalement dans tous les cas. Les vaisseaux du bois peuvent être moins nombreux et plus étroits que dans les échantillons témoins, mais subsistent cependant et ne se modifient que dans l'ensemble. Il en est de même pour le liber; ainsi le liber interne peut subsister alors que la moelle qu'il enveloppe d'ordinaire a disparu.

En résumé, il est possible de reproduire par l'expérience non seulement les structures dissymétriques observées dans la nature sur certains végétaux, mais encore les modifications anatomiques qui résultent dans certains cas de l'influence du milieu.

On peut tenter de chercher dans cette voie le principe de l'explication de ces phénomènes.

PHYSIOLOGIE. — *Ration d'entretien. Besoin minimum de sucre et besoin minimum de graisse*. Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. Roux.

Les physiologistes admettaient, tout récemment encore, que pour assurer l'équilibre de l'adulte ou la croissance du jeune, le minimum d'azote pouvait être emprunté à toute espèce de substance protéique et que le besoin alimentaire restant pouvait être couvert indifféremment par les graisses ou les hydrates de carbone. Cette manière de voir a été récemment modifiée, en ce qui concerne les aliments azotés, à la suite de travaux qui ont mis en relief toute l'importance de la constitution moléculaire de ces corps, mais on continue à faire jouer un rôle spécial aux albumines dans la nutrition, et on considère toujours les aliments ternaires comme n'étant pas des substances spécifiquement indispensables.

En ce qui concerne ce problème, l'observation de collectivités ou d'individus choisissant librement leur nourriture ne peut donner qu'une réponse approchée, elle montre que les sucres et les graisses peuvent se remplacer mutuellement dans de larges proportions; elle ne démontre pas que chaque aliment peut tenir complètement la place de l'autre, et que les substitutions isodynames, entre aliments ternaires, ne sont pas pratiquement limitées.

A la suite de précédentes recherches (nous avons posé la question dès 1912 à la suite d'expériences publiées à cette date) (¹) et de recherches en cours, nous sommes amené à aborder ces questions et à envisager la nécessité d'un quantum de sucre et d'un quantum de graisse dans la ration.

Voici résumés les arguments qui, selon nous, permettent de considérer les matières hydrocarbonées et les matières grasses comme aliments spécifiquement indispensables : les sucres et les graisses ont *un rôle plastique et un rôle fonctionnel*, rôles qu'on a attribués jusqu'ici aux seules protéines.

1° *Rôle plastique.* — Les hydrates de carbone entrent en qualité et en quantités différentes : dans la constitution des acides nucléiques (pentoses ou hexoses), des cérébrosides (galactose), des mucoïdes (glucosamine), dans la constitution moléculaire des protéines du plasma des divers animaux (glucose), etc. Ainsi unis aux purines, aux acides gras (lignocérique, phrénosinique, etc.), aux acides aminés, les hydrates de carbone font partie de groupements prosthétiques caractéristiques de l'animal, du tissu, du noyau même de la cellule.

Les matières grasses, ou tout au moins certains de leurs constituants, dans des combinaisons les plus variées (éthers d'alcools et d'acides gras, saturés ou non, hydroxylés; phosphatides, etc.) et à des taux les plus divers (²) font partie, comme les albumines et les sucres, des constituants essentiels de toutes les cellules.

C'est dire que le rôle nécessaire de ces substances ne saurait être mis en évidence dans des expériences ou la ration est composée d'aliments naturels.

2° *Rôle fonctionnel.* — Les hydrates de carbone n'ont pas seulement

(¹) H. Bierry et P. Portier, *Société de Biologie*, 8 juin 1918. — H. Bierry, *Ibid.*, t. **82**, p. 124 et 530.

(²) Les travaux de J.-B. Leathes, Mac Lean et Williams, etc., ont mis en évidence les différences qualitatives et quantitatives en « *graisses* » des divers tissus.

un rôle énergetique, comme on l'admet jusqu'ici, mais ils ont un véritable *rôle fonctionnel* et plus particulièrement *chimique* que nous allons exposer. D'abord, il n'est pas prouvé que les divers sucres soient interchangeables dans la ration d'une manière indéfinie, car le pouvoir d'isomérisation et de synthèse de l'organisme animal paraît être restreint, tout au moins dans certains cas : le lévulose peut encore être transformé en glycogène par le diabétique, alors que le glucose ne l'est plus.

On sait que chez un sujet alimenté à la manière ordinaire et recevant une ration de protéines supérieure au minimum indispensable, l'apport d'un surplus d'hydrates de carbone a pour résultat d'abaisser la quantité de l'azote urinaire (Bischoff et Voit, Lüthje, Cathcart). Il est également hors de conteste que le *jeûne hydrocarboné*, chez l'homme et les animaux, entraîne le passage dans l'urine d'acides acétylacétique et β-oxybutyrique en quantité qui ne le cède en rien, comme intensité, à ce qui se passe chez le diabétique, et que parallèlement l'ammoniaque urinaire augmente.

H. Zeller étudiant, avec la méthode des bilans, le métabolisme de l'azote chez l'homme et le chien, montre que l'excrétion azotée varie avec la proportion des trois aliments. Des expériences, que nous poursuivons, établissent que le passage d'acide acétylacétique dans l'urine ne peut être évité, chez le rat, avec une ration composée d'albumines, d'hydrates de carbone et de graisses qu'autant qu'il existe un certain rapport entre ces corps, rapport qui dépend de la constitution moléculaire de ces aliments.

Les matières sucrées ont donc *un rôle chimique* solidement établi aussi bien en ce qui concerne le métabolisme des albumines que le métabolisme des graisses. Le métabolisme des acides aminés et des acides gras (cétogènes), en particulier, est conditionné par les hydrates de carbone. On peut ajouter que l'élimination de l'azote ammoniacal est pour une part réglée par ces mêmes substances. Il y a là un moyen d'investigation nouveau de la valeur alimentaire d'un sucre donné.

J.-B. Dumas et Boussingault, Payen ont constaté l'influence nettement favorable des matières grasses à partir d'un certain taux dans les régimes naturels. Voit, Graham Lusk, Maignon, Starling, Halliburton, ont appelé l'attention à nouveau sur l'utilité de la graisse dans l'alimentation. J'ai été amené à poser la question du *besoin minimum de graisse* dans la ration à la suite d'expériences sur le *jeûne lipéique* (1).

Si l'on considère que certaines matières grasses fournissent à la fois *un*

---

(1) Je propose ce mot pour désigner la suppression complète du seul aliment « *graisses* » dans le régime.

apport énergétique, un apport en vitamines et *un apport en sucre* (1) (glycérine des graisses neutres, galactose des cérébrosides, acide α-glycérophosphorique des phosphatides, etc.), on voit que le problème de la ration doit être considéré d'un point de vue nouveau. Il est nécessaire d'instituer parallèlement des régimes avec et sans vitamines (facteurs A et B) et comprenant d'autre part des protéines, des graisses et des sucres de constitution moléculaire bien déterminée (2).

En résumé: les accidents du métabolisme ne sont éliminés que si les albumines, les sucres et les graisses de la ration se trouvent dans un rapport déterminé. Il existe un minimum de sucre et un minimum de graisse, comme un minimum d'albumine; ou plutôt il existe des *minima de sucre* et des *minima de graisse* (au sens le plus large du mot) variant avec la structure moléculaire et la fonction chimique des aliments qui composent la ration.

MORPHOLOGIE. — *Épiphyses et cartilage de conjugaison chez les Mammifères.* Note (3) de M. L. **Vialleton**, présentée par M. Henneguy.

Le point d'ossification diaphysaire consiste d'abord dans la virole osseuse périchondrale. Il forme au début un anneau creux parce que l'os enchondral qui correspond à cette dernière est très discret et disparaît bien vite pour faire place à la cavité médullaire primitive. Bientôt l'ossification enchondrale se poursuit vers les deux extrémités de l'os en formant une masse importante de travées ou de lames osseuses verticales, anastomosées entre elles. Contrairement à des assertions basées sur l'examen de cas particuliers ou d'os trop jeunes, l'os enchondral ne se termine pas par une surface plane mais par une ou plusieurs saillies qui s'emboîtent dans le cartilage de l'extrémité, comme l'ont fait remarquer, il y a longtemps, Rambaud et Renault. La croissance de l'os diaphysaire est plus ou moins rapide suivant les os et suivant les espèces. Dans les pièces proximales des

---

(1) Nous avons déjà fait remarquer que certaines albumines peuvent renfermer des sucres ou des substances génératrices d'hydrates de carbone dont il faut tenir compte, et que, de plus, si l'on ne prend certaines précautions, touchant la préparation et la purification des albumines employées comme aliments, on peut avoir un apport en vitamines.

Nous ferons remarquer également que les chiffres, donnés jusqu'ici, concernant la teneur en hydrates de carbone des divers organes et tissus aminaux pouvant servir à la nourriture, ne sont pas exacts; ils sont beaucoup trop faibles.

(2) Ces régimes doivent assurer l'équilibre de l'adulte, la croissance normale du jeune et la reproduction pendant plusieurs générations successives.

(3) Séance du 21 juillet 1919.

membres cet os atteint, à peu près à la naissance, le point où se trouve le cartilage de conjugaison. Dans les pièces distales son extension est beaucoup moins rapide.

Le cartilage de conjugaison est une lame de cartilage jeune, placée non pas, comme on le représente souvent, au point où la tête se continue avec la diaphyse, mais en plein dans la tête, au niveau de son plus grand diamètre transversal. Il n'est pas formé par ce qui reste du cartilage entre l'os diaphysaire et le noyau osseux de l'épiphyse, car il existe déjà avant l'apparition de ce dernier ou en dehors de lui, lorsque ce noyau est encore très petit. Ce cartilage s'observe en outre chez les Oiseaux où il n'y a jamais d'épiphyses osseuses et chez les Sauriens, où celles-ci sont très tardives, ou même ne se forment jamais.

Chez les Mammifères le cartilage de conjugaison n'est pas plan comme on le figure schématiquement, ni simplement ondulé ou même gondolé; mais il offre une forme très tourmentée quoique très précise, différente pour chaque extrémité osseuse dans une même espèce et pour la même extrémité dans les différentes espèces. Arthur Thomson a fait remarquer que la suture diaphyso-épiphysaire, représentée par le cartilage de conjugaison, a la forme d'une série de projections coniques de la diaphyse emboîtées dans des cavités correspondantes de l'épiphyse. Cet emboîtement est si parfait que dans les premières phalanges des animaux de boucherie, si l'on fait disparaître le cartilage par l'ébullition, il est impossible de déplacer latéralement les deux segments de l'os remis dans leur situation naturelle. La même chose s'observe, à des degrés divers, dans les autres os.

A. Thomson pense que la forme de cette suture est déterminée directement par le fonctionnement du membre et il a donné, pour le distum du fémur, la description d'une série de formes qui témoigne en faveur de cette idée. Mais comme les épiphyses apparaissent souvent (Ongulés) avant la naissance, on ne peut pas dire que leur forme tient à cette cause. Elle paraît plutôt en rapport avec celle de la tête osseuse et avec le fait que le cartilage de conjugaison, étant situé en plein dans celle-ci, se trouve en rapport par sa face diaphysaire avec le bulbe de l'os, à la forme compliquée duquel il doit s'adapter. En effet, l'os enchondral s'épanouit dans le bulbe de l'os en faisceaux divergents et inégaux de travées osseuses. Ces travées ne peuvent être formées que par des files de cellules cartilagineuses dirigées comme elles-mêmes, et, comme ces files sont toujours perpendiculaires au plan du cartilage de conjugaison, ce dernier doit avoir lui-même des directions variables suivant les points.

C'est donc dans le mode d'accroissement et dans la forme de l'os, plus

que dans une raison de solidité articulaire, qu'il faut chercher la cause de la forme compliquée du cartilage de conjugaison. D'ailleurs, on sait que les prétendus décollements épiphysaires se font dans l'os et non dans le cartilage. D'autre part, lorsque la forme de la tête osseuse est simple, comme dans le distum des premières phalanges, l'accroissement se fait par une bande de cartilage située à quelque distance de la surface articulaire qu'elle suit, et qui se comporte comme un véritable cartilage de conjugaison. Le cartilage compris entre cette bande et la surface articulaire renferme de gros vaisseaux comme les cartilages épiphysaires.

Le cartilage de conjugaison s'accroît à la fois en longueur et en largeur comme la tête osseuse elle-même. Sur ses bords, il est en rapport (Ollier) avec le périoste qui suit ainsi l'accroissement transversal de cette dernière.

La face diaphysaire du cartilage de conjugaison prend une part très considérable à l'allongement de l'os et qui diffère pour l'une et l'autre extrémité du même os. L'accroissement sur sa face épiphysaire est au contraire très faible et presque insignifiant. L'épiphyse est toujours une plaque assez mince, relativement à la tête de l'os. Elle peut être formée d'un ou de plusieurs noyaux osseux qui se réunissent plus ou moins tard. C'est là un épisode de l'ossification dont la signification est encore obscure, mais de ce que l'on sait déjà, de ce qui a été dit ci-dessus et d'observations comparatives qu'on trouvera plus loin, il est clair que ce n'est pas l'épiphyse osseuse qui importe, mais le cartilage qui doit prendre la première place dans les considérations sur la formation des os. De cette manière, le problème de cette formation est porté sur son vrai terrain et étendu à tous les cas, car le cartilage de conjugaison ne s'observe pas dans les os longs seulement, mais dans tous les os. Ainsi le cartilage unissant les arcs et le corps de la vertèbre est un vrai cartilage de conjugaison.

Le cartilage est l'instrument de l'accroissement de la plupart des pièces du squelette, du moins dans le développement normal. Cet accroissement s'effectue dans tous les sens tant qu'il existe du cartilage et la prolifération énorme du cartilage de conjugaison dans le sens de la longueur ne doit pas faire oublier son accroissement dans le sens transversal.

CYTOLOGIE. — *Cytologie du sang des chenilles de Macrolépidoptères.* Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

La cytologie du sang des Invertébrés nous est assez bien connue depuis les travaux déjà anciens de Graber (1871) et Cattanes (1889), et surtout ceux plus récents de Cuénot, Kollmann et Hollande.

En ce qui concerne plus spécialement le sang des Insectes, on distingue, comme chez les Vertébrés, des types d'éléments bien différents. Pour Cuénot, certaines de ces catégories ne représentent, en réalité, que des stades différents de l'évolution de cellules initiales. Il y aurait ainsi un stade I, représenté par des cellules à gros noyau occupant presque tout le corps de la cellule : ce sont les *proleucocytes* de Hollande, qui se multiplient par karyokinèse et donnent naissance aux éléments du stade II, représentés par des cellules plus grosses, généralement fusiformes, capables de phagocyter : ce sont les *phagocytes* du même auteur. Ce dernier stade peut se transformer en *cellules granulées*, mais seulement chez quelques Insectes. On trouve aussi dans le sang de tous les Insectes, les *œnocytes* de Wielowiejski ou *œnocytoïdes* de Hollande, et les *cellules à sphérule* sur la nature et le rôle desquelles on est encore mal fixé.

Mes recherches ont porté sur le sang des chenilles d'*Euproctis chrysorrhea*, *Lymantria dispar*, *Pieris brassicæ*, *Vanessa urticæ*, *Eriogaster lanestris*, *Arctia caja*, *Agrotis segetum*. L'étude a été faite sur sang frais et sur frottis colorés et, comparativement, sur sang de chenilles normales et chenilles infectées artificiellement. Les résultats auxquels je suis parvenu, après examen du sang de milliers de chenilles saines ou infectées, contredisent, sur certains points, ceux des auteurs précités.

On trouve généralement, dans le sang de toutes les chenilles, les proleucocytes et les phagocytes de Hollande; ces derniers se présentent le plus souvent, non sous l'aspect fusiforme, mais sous la forme arrondie; ils sont beaucoup plus nombreux que les premiers et se multiplient par karyokinèse; leur protoplasme est en général très basophile. Ils ne phagocytent pas les microbes entomophytes susceptibles de pénétrer dans le protoplasme cellulaire (certains microbes expérimentés ne possèdent pas cette propriété). Le pouvoir d'englober les microbes appartient en propre à d'autres éléments dont il n'a pas été fait mention jusqu'ici : ces phagocytes vrais ne se présentent jamais sous la forme de fuseau; ils sont arrondis ou de forme plus ou moins irrégulière; leur noyau est plus petit que celui des éléments fusiformes; après coloration au Giemsa, le protoplasme apparaît coloré en bleu pâle, il est souvent vacuolaire; chez les chenilles de *Pieris brassicæ* il renferme souvent de petits granules réfringents.

Enfin, chez les chenilles d'*Euproctis chrysorrhea*, inoculées avec *Bacillus melolonthæ liquefaciens* β, nous avons vu qu'il subit une transformation très curieuse (formation de granules éosinophiles). Dans le sang normal de ces mêmes chenilles, on trouve de façon constante une proportion plus

ou moins élevée de phagocytes vrais avec granules éosinophiles intraprotoplasmiques.

Il existe enfin dans le sang des chenilles un quatrième type de cellules caractérisées par un gros noyau, une couche protoplasmique épaisse et peu basophile, et susceptibles, dans certains cas, d'englober les microbes inoculés. Ces éléments peuvent faire défaut; ils sembleraient dériver des autres types par hypertrophie du noyau et représenteraient ainsi un stade de dégénérescence, mais ils sont le siège de phénomènes karyokinétiques comme les autres éléments.

Quant aux *œnocytes* et aux cellules sphéruleuses, on les retrouve toujours dans le sang des chenilles. Après coloration au Giemsa, le protoplasme des œnocytes apparaît très granuleux; à l'état frais, cet aspect particulier n'existe pas. J'ai trouvé une fois, dans le sang d'une chenille de Piéride, un œnocyte à noyau en état de mitose (prophase), et plusieurs fois, des œnocytes binuclées. Ainsi, au moins chez les chenilles de *Pieris brassicæ*, les œnocytes peuvent se multiplier par karyokinèse comme les autres éléments du sang.

Nous proposons le nom de *micronucléocyte* pour les éléments à petit noyau, à protoplasme peu basophile et souvent vacuolaire; ces éléments sont les seuls du sang doués de façon constante du pouvoir d'englober les microbes. Lorsqu'ils renferment des granulations éosinophiles, nous les désignons sous le nom de *micronucléocytes à grains éosinophiles*. Nous nommerons *macronucléocytes* les phagocytes et proleucocytes de Hollande, ainsi que les éléments à gros noyau et protoplasme peu basophile. Les premiers seront les *macronucléocytes fusiformes;* les proleucocytes, les *petits macronucléocytes;* les autres, les *grands macronucléocytes*. Nous conserverons aux autres catégories d'éléments les noms de *cellules sphéruleuses* et d'*œnocytes*.

Nous pensons, avec Cuénot et les auteurs plus récents, que le renouvellement et la multiplication des éléments du sang se fait par division karyokynétique et non par fonctionnement d'un organe globuligène.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOUT 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **William Wallace Campbell**, Correspondant de l'Académie, Chef de la délégation américaine à la Conférence interalliée des Académies à Bruxelles, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formation du domaine fondamental d'un groupe automorphe.* Note [1] de M. G. **Humbert**.

1. Pour déterminer le domaine d'un groupe automorphe dont on connaît les substitutions, la méthode généralement utilisée est celle de la *symétrie* qui, d'ailleurs, ne mène pas toujours au résultat. Il semble qu'on ait regardé comme purement théorique la méthode dite du *rayonnement*, par laquelle on établit l'existence du domaine, et qu'on ait reculé devant la complication des formules : on peut pourtant rendre cette méthode aussi maniable que celle de la symétrie.

2. *Groupe à cercle principal.* — Soit Γ un groupe automorphe admettant une circonférence principale Σ, de rayon fini. Supposons (ce qu'on peut d'ailleurs réaliser en transformant Γ par une substitution automorphe) que le point ∞ ne soit point double d'aucune substitution de Γ et cherchons un domaine de Γ, *à l'extérieur de* Σ.

Pour appliquer la méthode du rayonnement, partons du point ∞, que nous désignerons aussi par c ; soit c' son transformé par une substitution

---

(1) Séance du 28 juillet 1919.

quelconque de Γ : la méthode consiste à considérer les circonférences σ', qui correspondent aux droites normales, en leurs milieux, aux segments cc', dans la Géométrie non euclidienne. Or, σ' est déterminée ainsi : 1° elle est orthogonale à Σ ; 2° c et c' sont symétriques par rapport à elle.

Mais c étant à l'infini, c' sera, d'après 2°, le centre de σ', et dès lors σ' est la circonférence de centre c', orthogonale à Σ. Traduisons ceci analytiquement.

Soit

(1) $$z' = \frac{\lambda z + \mu}{\nu z + \rho}, \qquad (\lambda\rho - \mu\nu = +1)$$

une substitution quelconque de Γ ; c' sera le point analytique $\lambda : \nu$, et le carré r^2, du rayon de σ', sera la puissance de ce point par rapport à Σ.

Or, soit $Azz_0 + B_0 z + Bz_0 + C = 0$ l'équation de Σ, avec $z = \xi + i\eta$, $z_0 = \xi - i\eta$, et A, C réels, B et B_0 imaginaires conjuguées ; on aura

$$r^2 = \frac{1}{A\nu\nu_0}[A\lambda\lambda_0 + B_0\lambda\nu_0 + B\lambda_0\nu + C\nu\nu_0],$$

λ_0, ν_0 étant les conjugués de λ, ν.

D'ailleurs, Σ se transformant en elle-même par (1), on en déduit facilement la relation

$$A\lambda\lambda_0 + B_0\lambda\nu_0 + B\lambda_0\nu + C\nu\nu_0 = \pm A; \qquad \text{d'où} \qquad r^2 = \pm\frac{1}{\nu\nu_0};$$

c'est évidemment + qui convient puisque, c' étant à l'extérieur de Σ, r^2 est *a priori* positif ; on a donc pour σ', que nous appellerons la circonférence (λ, ν), de centre $\frac{\lambda}{\nu}$ et de rayon $\frac{1}{\sqrt{\nu\nu_0}}$, l'équation

(2) $$(\nu z - \lambda)(\nu_0 z_0 - \lambda_0) - 1 = 0, \qquad (\lambda_0, \nu_0 \text{ conjugués de } \lambda, \nu).$$

Cela posé, pour obtenir un domaine de Γ, on cherchera à former une région extérieure à Σ, comprenant le point ∞, limitée par des arcs de circonférences (λ, ν) (et, peut-être, par des arcs de Σ) et dans laquelle ne *pénètre* aucune circonférence (λ, ν). *Analytiquement*, ce sera la région *extérieure à* Σ définie par les inégalités

(3) $$(\nu z - \lambda)(\nu_0 z_0 - \lambda_0) - 1 \geqq 0, \qquad (z = \xi + i\eta;\ z_0 = \xi - i\eta),$$

où λ et ν prennent tous les systèmes de valeurs qui répondent aux substitutions (1) de Γ. Les mêmes inégalités définiraient, *à l'intérieur de* Σ, un domaine fondamental de Γ, symétrique du précédent par rapport à Γ.

Le procédé, on le voit, est, dans l'application, analogue à celui de la symétrie.

3. *Substitutions génératrices de* Γ. — Soient (λ_1, ν_1), (λ_2, ν_2), ... les circonférences (λ, ν) dont des arcs sont côtés du domaine D trouvé. Il est aisé de voir que la substitution (1), soit S_i, qui correspond aux valeurs λ_i, ν_i de λ, ν change D en un domaine *adjacent* à D le long d'un côté; S_i change donc un côté de D en un autre, de sorte que les S_i sont les substitutions génératrices de Γ; on obtient donc celles-ci sans calcul dès qu'on a formé le domaine.

Cela implique qu'il n'y a, dans Γ, qu'une substitution répondant à λ et ν donnés : or c'est une conséquence de l'hypothèse que ∞ n'est point double d'aucune substitution de Γ. De même, il n'y a pas, dans Γ, deux substitutions distinctes ayant même $\lambda : \nu$; en sorte que deux circonférences (λ, ν) ne sont jamais concentriques.

4. *Remarque I.* — Considérons la forme d'Hermite positive

$$(x - \theta y)(x_0 - \theta_0 y_0),$$

où x, y sont des indéterminées, et θ une constante donnée, et x_0, y_0, θ_0 leurs conjuguées respectives : il résulte de (3) que, si l'on donne à x, y les valeurs λ, ν, qui répondent aux substitutions de Γ, et *si le point affixe de* θ *est dans* D, le minimum de la forme sera au plus 1; la valeur 1 est d'ailleurs atteinte pour $\lambda = 1$, $\nu = 0$, valeurs qui répondent à la substitution unité.

On aurait pu présenter autrement la théorie en appelant *réduite* une forme du type ci-dessus pour laquelle le minimum est 1 (quand x, y prennent les valeurs λ, ν), et *domaine de réduction* la région du plan (à l'extérieur de Σ) où sont situés les points affixes des zéros des formes réduites : on aurait démontré ensuite que ce domaine de réduction est un domaine fondamental de Γ [1].

Remarque II. — Si ∞ est point double d'une substitution (*elliptique*, nécessairement) de Γ, le second point double est le centre O de Σ. On en déduit que la région D, trouvée à l'aide des circonférences (λ, ν), revient sur elle-même par une rotation de $\frac{2\pi}{h}$ autour de O ; alors un domaine de Γ

[1] Voir à ce sujet une Note des *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 697.

sera, non pas D, mais la partie de D comprise entre deux droites quelconques issues de O et faisant l'angle $\frac{2\pi}{h}$ [1].

5. *Groupe sans cercle principal.* — Il faut chercher le domaine Γ dans le demi-espace (ξ, η, τ) de Poincaré.

Pour éviter une indétermination, ne partons pas cette fois du point ∞, mais d'un point quelconque, c, du demi-espace, de coordonnées x, y, h; posons $\omega = x + iy$.

Soit c' le transformé de c par l'opération qui répond à (1), dans l'extension du groupe Γ à l'espace; désignons par x', y', h' ses coordonnées, et posons $\omega' = x' + iy'$. Pour appliquer la méthode du rayonnement, il faut considérer la sphère, σ', qui a son centre dans le plan $\tau = 0$ et par rapport à laquelle c et c' sont symétriques. Or, en général, les sphères par rapport auxquelles c et c' sont symétriques sont celles d'un faisceau ayant pour équation

$$(4) \qquad (z-\omega)(z_0-\omega_0)+(\tau-h)^2+k[(z-\omega')(z_0-\omega'_0)+(\tau-h')^2]=0.$$

Dans (4), on pose toujours $z = \xi + i\eta$; et, d'une manière générale, u_0 est l'imaginaire conjugué de u; les coordonnées courantes sont ξ, η, τ, et k désigne un paramètre arbitraire. Quant aux ω', ω'_0, h', ils satisfont, d'après Poincaré, aux relations :

$$\omega' = \frac{A}{D}; \qquad \omega'_0 = \frac{A_0}{D}; \qquad h' = \frac{h}{D}; \qquad \omega'\omega'_0 + h'^2 = \frac{C}{D},$$

étant posé :

$$A = \lambda\nu_0 h^2 + (\lambda\omega + \mu)(\nu_0\omega_0 + \rho_0);$$
$$C = \lambda\lambda_0 h^2 + (\lambda\omega + \mu)(\lambda_0\omega_0 + \mu_0); \qquad D = \nu\nu_0 h^2 + (\nu\omega + \rho)(\nu_0\omega_0 + \rho_0).$$

On déterminera k, dans (4), par la condition que la sphère (4) ait son centre dans le plan $\tau = 0$; désignant par $\mathfrak{N}u$ la *norme* de u, c'est-à-dire uu_0, on trouve ainsi, pour équation de la sphère σ' :

$$(5) \qquad \begin{aligned} &h^2[\nu\nu_0\tau^2 + \mathfrak{N}(\nu z - \lambda) - 1] \\ &\quad + \tau^2\mathfrak{N}(\nu\omega + \rho) + \mathfrak{N}[z(\nu\omega + \rho) - (\lambda\omega + \mu)] - \tau^2 - \mathfrak{N}(z - \omega) = 0. \end{aligned}$$

On aurait un domaine de Γ en cherchant une région limitée par des portions de sphères (5); mais l'équation (5) est trop compliquée pour qu'on

---

[1] Voir dans la même Note (nº 4) un exemple du cas particulier de la *Remarque II*; h est alors égal à 2.

puisse utilement l'employer ainsi; nous particulariserons en supposant, dans (5), que, ω demeurant fixe, h tend vers $+\infty$: alors c tendra vers le point ∞, *que nous supposerons n'être point double d'aucune substitution de* Γ, et, à la limite, les sphères σ' auront pour équation

$$\nu\nu_0\tau^2 + \mathfrak{N}(\nu z - \lambda) - 1 = 0, \tag{6}$$

λ et ν parcourant tous les systèmes qui répondent aux substitutions (1) de Γ.

La sphère (6), que nous appellerons *la sphère* (λ, ν), a pour centre, dans le plan $\tau = 0$, le point analytique $\frac{\lambda}{\nu}$ et son rayon est $\frac{1}{\sqrt{\nu\nu_0}}$; elle est donc tout à fait analogue à la circonférence (λ, ν) du n° 2.

Dès lors, pour obtenir un domaine spatial de Γ, on cherchera encore à trouver une région, située au-dessus de $\tau = 0$, qui comprenne le point ∞, qui soit limitée par des portions de sphères (λ, ν), [et peut-être par des portions du plan $\tau = 0$] et dans laquelle ne *pénètre* aucune sphère (λ, ν) : cette région D sera un domaine de Γ.

Analytiquement, les intégrales qui définissent D, dans le demi-espace, sont

$$\mathfrak{N}(\nu z - \lambda) + \nu\nu_0\tau^2 - 1 \geqq 0. \tag{7}$$

Arithmétiquement, ces inégalités expriment que, pour une forme d'Hermite positive, $axx_0 + bx_0y + b_0xy_0 + cyy_0$, dont le *point représentatif* est dans D, le premier coefficient, a, est le *minimum* de la forme quand on donne, aux indéterminées x et y, les systèmes de valeurs λ, ν ci-dessus.

Remarque I. — Si ∞ est un point parabolique de Γ, laissé fixe par les substitutions qui sont les puissances de $z' = z + \alpha$, on ne gardera de D, pour avoir un domaine de Γ, que la portion comprise entre deux plans parallèles, distants de mod α, normaux au vecteur α du plan $\tau = 0$ et d'ailleurs quelconques. Si ∞ est laissé fixe par les puissances d'une autre substitution de Γ, $z' = z + \beta$, on introduira *encore* deux nouveaux plans analogues, β remplaçant α.

On reconnaît, dans ce dernier cas, la méthode que nous avons proposée [1] pour obtenir le domaine du groupe *modulaire* dans un corps quadratique imaginaire. Elle se relie, par la remarque arithmétique qui précède, à la méthode qui a permis à M. Picard de construire le domaine de ce

---

[1] *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 189 et 227.

groupe dans le corps $\sqrt{-1}$, en partant des conditions de réduction des formes positives d'Hermite.

Remarque II. — Les substitutions génératrices de Γ s'obtiennent de la manière indiquée au n° 3; on ajoutera, dans le cas parabolique, les substitutions $z' = z + \alpha$, $z' = z + \beta$.

6. *Groupe réel.* — Les λ, μ, ν, ρ étant tous réels, la circonférence principale devient l'axe réel. On trouvera le domaine de Γ par la méthode du n° 5; il suffira, pour avoir les circonférences σ' qui correspondent à un point ω du demi-plan, de faire, dans (5), h et τ nuls; on a ainsi l'équation

$$\mathfrak{N}[z(\nu\omega + \rho) - (\lambda\omega + \mu)] - \mathfrak{N}(z - \omega) = 0,$$

qui pourrait servir à construire un domaine de Γ, ayant pour *centre* le point ω.

Si ω s'éloigne à l'infini, cette équation devient :

$$(\nu z - \lambda)(\nu z_0 - \lambda) - 1 = 0; \tag{8}$$

c'est encore celle d'une circonférence (λ, ν), de centre $\frac{\lambda}{\nu}$ et de rayon $\frac{1}{\sqrt{\nu^2}}$. On obtiendra, dès lors, un domaine fondamental D de Γ de la même manière qu'au n° 5, avec les circonférences (λ, ν), et les remarques I et II de ce numéro s'appliquent encore.

Les inégalités qui définissent D, dans le demi-plan supérieur, sont

$$(\nu z - \lambda)(\nu z_0 - \lambda) - 1 \geqq 0, \qquad (z = \xi + i\eta).$$

Au point de vue arithmétique, elles expriment ce qui suit : soit une forme quadratique positive $ax^2 + 2bxy + cy^2$; si son point représentatif est dans D, le premier coefficient a est son minimum quand on donne à x et y les systèmes de valeurs λ, ν répondant aux substitutions de Γ.

Signalons, enfin, la *liaison de cette méthode avec celle de la symétrie.*

Supposons que, en adjoignant au groupe Γ la symétrie $z' = -z_0$, par rapport à l'axe imaginaire, les substitutions du groupe étendu soient, outre celles de Γ, les substitutions

$$z' = \frac{-\lambda z_0 + \mu}{-\nu z_0 + \rho}, \tag{9}$$

ainsi qu'on l'admet dans l'application de la méthode de symétrie.

Si l'on fait $z' = z$ dans (9), on obtient une *circonférence de symétrie* du

groupe étendu, pourvu que cette circonférence soit réelle. Or, la réalité exige $\rho = \lambda$; de $\lambda\rho - \mu\nu = 1$, on déduit alors $\mu\nu = \lambda^2 - 1$, en sorte que la circonférence considérée est donnée par

$$\nu^2 z z_0 - \lambda\nu z_0 - \lambda\nu z + \lambda^2 - 1 = 0,$$

ce qui est l'équation (8) de la circonférence (λ, ν).

Les circonférences de symétrie, avec lesquelles on cherche à limiter un domaine fondamental du groupe Γ *étendu*, sont donc des circonférences (λ, ν), mais *particulières* (à cause de $\rho = \lambda$). Une observation analogue s'appliquerait dans le demi-espace.

Remarque. — La théorie précédente suppose essentiellement que le point ∞ n'est pas point double d'une substitution *hyperbolique* (ou loxodromique) de Γ. En ce cas, d'ailleurs, la méthode deviendrait illusoire, parce qu'il y aurait une infinité de circonférences (λ, ν), de rayons indéfiniment croissants, ayant pour centre un même point $\frac{\lambda}{\nu}$.

ENTOMOLOGIE. — *Le cycle évolutif du Puceron lanigère du Pommier* (Eriosoma lanigera *Haussmann*). Note de M. **Paul Marchal.**

Les travaux d'Edith Patch (1912) et de Baker (1915) ont établi qu'en Amérique, son pays d'origine, le Puceron lanigère présente des migrations annuelles régulières ayant lieu entre deux plantes différentes. Sur le Pommier (ainsi que sur certaines espèces de *Cratægus* et le *Sorbus americana*), on voit se succéder, pendant le cours de l'année, d'abord des générations parthénogénétiques aptères, puis, en automne, des ailés sexupares qui émigrent sur l'Orme américain (*Ulmus americana*) pour y produire des sexués. Les femelles déposent leurs œufs fécondés destinés à passer l'hiver dans les fissures des écorces de l'Orme, et au printemps naissent des fondatrices qui gagnent les bourgeons de cet arbre pour déterminer des déformations en rosettes par recroquevillement des pousses et des feuilles; ces fondatrices donnent naissance elles-mêmes à des ailés qui, nés sur l'Orme, opèrent à la fin du printemps la migration inverse de celle des ailés d'automne et vont déposer leurs jeunes sur les Pommiers, les *Cratægus* ou les Sorbiers. Il résulte de ce qui précède que l'Orme américain hébergeant la génération sexuée du Puceron lanigère peut être considéré comme l'hôte définitif de cet Insecte, le Pommier et quelques autres arbres du même groupe jouant le rôle d'hôtes intermédiaires.

Cette donnée cadre, du reste, avec ce que nous savons des autres espèces du genre *Eriosoma* (*Schizoneura*) qui, d'une façon générale, présentent sur l'Orme une génération sexuée et une fondatrice gallicole, tandis que l'autre partie de leur cycle évolutif, formée de générations parthénogénétiques, se poursuit sur un autre végétal (Groseillier pour l'*Eriosoma ulmi*, racines du Poirier pour l'*Eriosoma lanuginosa*).

Le Puceron lanigère ayant été importé en Europe depuis plus d'un siècle et s'y étant acclimaté au point de devenir l'un des plus redoutables ennemis du Pommier, il était intéressant de rechercher si cet Insecte présente, dans sa nouvelle patrie, des migrations comparables à celles qui ont été décrites en Amérique.

Depuis 1913, j'ai fait une série d'observations et d'expériences pour élucider cette question :

Dans les établissements horticoles de Châtenay, près de Paris, il existe des *Ulmus americana* de tailles diverses plantés dans le voisinage de Pommiers atteints par le Puceron lanigère; or jamais je n'ai rencontré sur ces Ormes américains de déformations en rosette pouvant être attribuées aux fondatrices de ce Puceron et je n'ai jamais constaté de migrations du même Insecte sur les Ormes américains, pas plus d'ailleurs que sur nos Ormes indigènes.

J'ai également fait planter 3 *Ulmus americana* de 6 à 7 ans le long d'un espalier de Pommiers très fortement envahis par le Puceron lanigère et, même en recouvrant le tout d'un grand voile de mousseline, forçant les ailés sexupares à stationner par milliers sur les Ormes, je n'ai pu obtenir de contamination. Enfin, en 1916, mes expériences, faites avec le concours de Mlle Vuillet, préparateur à la Station entomologique de Paris, ont porté sur plus de 10000 ailés sexupares qui, emprisonnés dans des cages spécialement disposées, m'ont permis d'obtenir de nombreux sexués et des œufs d'hiver d'où sortirent, au printemps de 1917, un grand nombre de fondatrices. Deux cent vingt-deux de ces dernières placées au mois de mars, au fur et à mesure de leur éclosion, sur des *Ulmus americana*, dans des conditions de végétation et d'humidité diverses, moururent au premier stade sans se nourrir, ou en ne faisant que de courtes tentatives pour piquer les bourgeons. D'autre part, 171 fondatrices placées sur de jeunes Pommiers dans des conditions diverses [1] n'ont pu évoluer davantage, tandis qu'il

---

[1] 75 ont été placées, sur des Pommiers déjà contaminés, sur les plaies chancreuses de l'arbre; les autres ont été mises en rapport avec des Pommiers de semis.

était facile de contaminer ces mêmes plantes au moyen de jeunes larves au premier stade, provenant des générations parthénogénétiques. Il est à noter d'ailleurs que la fondatrice présente, dès le premier stade, une structure morphologique qui la différencie nettement des autres générations, et ce seul fait indique qu'elle ne doit pas avoir le même mode d'existence.

Il résulte de ces observations et de ces expériences que le cycle évolutif du Puceron lanigère offre en France des caractères très différents de ceux qu'il présente en Amérique d'après les auteurs américains. La génération sexuée semble ne jamais aboutir dans notre pays et l'espèce se perpétuant pendant l'hiver sur le Pommier au moyen des hivernants se maintient sur cet arbre par parthénogénèse indéfinie.

Le phénomène qui s'est produit à la suite de l'importation du Puceron lanigère en Europe (importation remontant à plus d'un siècle) me paraît interprétable de la façon suivante : l'absence ou la très grande rareté de l'*Ulmus americana* en Europe a empêché la migration régulière, qui avait lieu en Amérique entre cet arbre et le Pommier, de s'établir. L'espèce n'a pu alors se maintenir que par les lignées parthénogénétiques se succédant d'une année à l'autre sur Pommier (lignées qui existent d'ailleurs en Amérique et évoluent conjointement à celles effectuant les migrations). Bien que la voie se soit ainsi trouvée barrée pour la reproduction sexuée, les ailés sexupares n'en ont pas moins continué à apparaître en grand nombre (1); mais n'émigrant plus sur l'Orme américain, ils ont produit les sexués au hasard de leur dissémination, notamment sur les Pommiers du voisinage, peut-être sur les Ormes indigènes, ou comme ils le font en captivité sur des supports quelconques; les œufs fécondés issus de ces sexués ont donné après l'hiver des fondatrices, mais ces fondatrices, nées sur des supports impropres à leur développement, sont mortes après leur éclosion. Les mêmes faits se répétant chaque année, il en est résulté qu'actuellement une lignée de fondatrices procréée par des sexués se trouve séparée d'une lignée de fondatrices ayant vécu et évolué sur l'Orme américain par un très grand nombre de générations (2). Il est alors rationnel d'admettre que, comme conséquence de cette longue interruption du régime ulmivore, il se soit

(1) Tout au moins sous notre climat de France et surtout en exposition sur les espaliers. En Hollande, ils feraient défaut (Van der Goot, 1915).

(2) 1200 générations, par exemple, en supposant que le Puceron lanigère soit introduit depuis 120 ans et en admettant que le cycle de ce Puceron comporte en moyenne dix générations annuelles.

produit dans le plasma de l'espèce, et par suite dans celui des fondatrices, une modification entraînant pour ces dernières l'incapacité de vivre sur l'Orme alors même que des Ormes américains sont mis à leur disposition.

Un fait méritant d'attirer l'attention, c'est qu'il existe sur nos Ormes indigènes un Schizoneurien voisin du Puceron lanigère et qui détermine sur les pousses la formation de rosettes de feuilles recroquevillées tout à fait comparables à celles que les Américains signalent pour les générations du Puceron lanigère qui vivent sur l'Orme. Mais ce Schizoneurien constitue une espèce morphologiquement distincte de l'*Eriosoma lanigera* et ayant un cycle indépendant de ce dernier. Je le désignerai sous le nom d'*Eriosoma ulmosedens* (1).

Cette espèce vit en colonies au printemps et au commencement de l'été sur les pousses de l'*Ulmus campestris*, en particulier sur les rejets qui se développent souvent à la base des arbres. Jamais je ne l'ai rencontrée sur les *Ulmus americana* qui croissent spontanément dans les parcs ou les pépinières. Tout en crispant et recroquevillant les feuilles qui restent rapprochées en rosettes, elle ne produit pas d'épaississement du parenchyme ni de décolorations comparables à celles qu'on observe pour les enroulements marginaux causés par une autre espèce indigène bien connue et vivant aussi sur l'Orme, l'*Eriosoma ulmi*. Le cycle évolutif de l'*Eriosoma ulmose-*

(1) *Eriosoma ulmosedens*, nov. sp. — Ailé gallicole. Long. 2^{mm}, larg. 1^{mm}. Antenne de 6 articles, leur longueur relative étant représentée en moyenne par la formule (1 — 1 — 8,4 — 2,1 — 2,7 — 2), la longueur du premier article étant ramenée à l'unité. Rinaria secondaires (linéaires) généralement au nombre de 25 sur le troisième article, de 3 à 4 sur le quatrième, de 4 à 5 sur le cinquième, absents sur le sixième. A l'extrémité distale du cinquième article, 1 rinarium primaire allongé transversalement et cerné d'une frange de cils inégale, extérieure au rebord saillant de la membrane. A la base du processus terminal du sixième article, un rinarium primaire plus large mais constitué d'une façon similaire; en dessous de ce rinarium, une aire ciliée en lignes concentriques avec 2 ou 3 rinaria accessoires ciliés, indistinctement limités. Processus terminal digitiforme, allongé et cylindrique au lieu d'être court trapu et conique comme chez *Eriosoma lanigera*. Poils des antennes beaucoup plus longs et nombreux que chez cette dernière espèce. Sur le sixième article, 9 grandes soies en plus des 4 fortes soies spinuleuses qui sont à l'extrémité du processus terminal. Pas de glandes ciripares apparentes. — Aptères gallicoles. Long. $2^{mm},2$, larg. $1^{mm},4$; de teinte variant du vert au jaune et au rouge avec revêtement cotonneux peu abondant. Antenne portant sur le cinquième et le sixième article, un rinarium primaire elliptique ou réniforme transversal analogue à celui des ailés mais plus régulièrement frangé; un groupe de 3 ou 4 rinaria accessoires nettement limités au-dessous du précédent. Glandes ciripares indistinctes.

dens présente ce fait très remarquable que, pour revenir à la génération sexuée, en partant de l'œuf fécondé et en passant par la série annuelle des générations parthénogénétiques, il n'y a pas de migration nécessaire de l'Orme sur une autre plante. Les ailés apparaissent en effet dans les pousses déformées de l'Orme au cours de l'été et la descendance de ces ailés est mixte, à la fois composée d'asexués et de sexués, certains individus pouvant même procréer à la fois des asexués et des sexués, comme c'est d'ailleurs le cas pour le Puceron lanigère.

Etant donnés les rapports morphologiques et biologiques très étroits qui existent entre cette espèce de l'Orme indigène et le Puceron lanigère, il est permis de les considérer comme deux formes vicariantes l'une de l'autre, l'espèce européenne de l'Orme (*Eriosoma ulmosedens*) représentant un stade d'évolution primitif sans migrations nécessaires et poursuivant son cycle d'une façon ininterrompue sur l'Orme, tandis que l'espèce américaine (*Eriosoma lanigera*) présente au contraire dans son pays d'origine des migrations régulières entre l'Orme et le Pommier.

Transporté en Europe cet *Eriosoma lanigera* y a constitué une race biologique spéciale, notre Puceron lanigère, dont le cycle représente l'antithèse du cycle offert par l'*Eriosoma ulmosedens* : le cycle du Puceron lanigère européen se poursuit en effet exclusivement sur l'hôte intermédiaire (Pommier), la génération sexuée s'étant maintenue, mais étant devenue inopérante, tandis que le cycle de l'*Eriosoma ulmosedens* se poursuit exclusivement sur l'hôte définif (Orme indigène).

Il est intéressant, d'autre part, de faire remarquer que le cas présenté par le Puceron lanigère est de même ordre que celui offert par le Phylloxéra de la Vigne dont le cycle est différent en Amérique et en Europe; il convient toutefois d'observer que si le Phylloxéra a pris l'habitude de se multiplier par parthénogénèse indéfinie sur la Vigne européenne, il a du moins conservé la faculté de donner une lignée sexuée opérante et normalement féconde lorsqu'il se trouve en présence de la Vigne américaine. Cette différence peut s'expliquer d'ailleurs parce que le cycle évolutif complet du Phylloxéra ne nécessite qu'un seul genre végétal (Vigne), tandis que le cycle évolutif complet du Puceron lanigère nécessite deux végétaux de genres différents (Orme et Pommier).

Je signalerai enfin les rapports qui existent entre les phénomènes qui viennent d'être décrits et ceux sur lesquels j'ai attiré antérieurement l'attention chez les Chermes. Le cas présenté par le Puceron lanigère représente la première étape du phénomène de l'oblitération de la reproduction sexuée

qui se manifeste à un degré plus avancé chez les Chermes. Chez le Puceron lanigère nous constatons en effet d'une part la conservation des trois formes (sexupare, sexuée, fondatrice) destinées à vivre sur l'hôte définitif et d'autre part le défaut d'aboutissement de toute cette lignée par suite de l'absence de l'hôte définitif, cette absence entraînant pour la fondatrice l'impossibilité, puis ensuite l'incapacité de se développer. Chez la race indigène du *Chermes pini* les sexupares et les femelles sont conservées; mais les femelles non fécondées par les mâles (spanandrie) n'engendrent pas de fondatrices.

Enfin chez le *Chermes piceæ* les sexués sont complètement supprimés et l'oblitération de la reproduction sexuée est entièrement réalisée.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la densité de la vapeur saturée de l'acétate de propyle et sur la densité du liquide qui émet cette vapeur.* Note [1] de M. E. Ariès.

La densité d'une vapeur saturée et la densité du liquide qui émet cette vapeur, ou, ce qui revient au même, les volumes moléculaires v_1 et v_2 du fluide dans ses deux états de saturation, sont donnés, pour chaque température, par les formules suivantes [2] :

$$v_1 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\tau^{n+1}}(a+y_1) = \frac{RT_c}{8P_c}\Gamma(a+y_1), \tag{1}$$

$$v_2 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\tau^{n+1}}(a+y_2) = \frac{RT_c}{8P_c}\Gamma(a+y_2). \tag{2}$$

La fonction a, nécessaire à l'application et à la vérification de ces formules, nous est encore inconnue. Nous nous proposons aujourd'hui de la déterminer, pour l'acétate de propyle, par un procédé en tout semblable à celui qui nous a servi, dans notre dernière Note [3], à déterminer la fonction Γ pour le même corps.

On peut utiliser, à cet effet, l'une ou l'autre des formules ci-dessus; mais la fonction a conservant toujours une valeur très petite, inférieure à l'unité comme v_2, tandis que v_1 grandit considérablement aux basses tempéra-

(1) Séance du 28 juillet 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 714.

(3) *Ibid.*, p. 1188.

tures, il sera préférable de rechercher une expression de cette fonction capable de donner, par la formule (2), une représentation aussi exacte que possible du volume v_2. On en déduira toujours, par la formule (1), des valeurs sans doute moins exactes, mais encore très acceptables du volume v_1, parce que la différence $v_1 - v_2$, qui ne dépend plus de la fonction a, mais seulement de l'exposant n, a été déjà reconnue comme s'accordant d'une façon satisfaisante avec les faits observés, grâce à la valeur choisie pour cet exposant.

Il y avait lieu d'arrêter tout d'abord la forme la plus convenable à donner à la fonction a. Les essais que nous avous dû faire dans ce but nous ont conduit à adopter la forme suivante, qui rappelle si bien celle de la fonction Γ elle-même :

$$a = a_c + \frac{1-\tau}{A + B\tau + C\tau^2}, \tag{3}$$

a_c étant la valeur que prend la fonction au point critique ($\tau = 1$). On l'obtient aisément, par l'une ou l'autre des formules (1) et (2), quand on connaît le volume moléculaire critique v_c. Ces formules donnent, en effet, à la température critique ($x = \Gamma = \tau = 1, y_1 = y_2 = 2$),

$$v_c = \frac{RT_c}{8P_c}(a_c + 2), \quad \text{soit} \quad a_c = \frac{8P_c v_c}{RT_c} - 2.$$

D'après M. S. Young, pour l'acétate de propyle, v_c est égal à

$$0,34523\,(0,003382 \times 102,08);$$

on en déduit

$$a_c = 0,056847.$$

Il reste à trouver les valeurs numériques des trois coefficients A, B, C.

On tire de l'équation (3), en désignant par Θ le trinome du second degré qui y figure,

$$A + B\tau + C\tau^2 = \Theta = \frac{1-\tau}{a - a_c}. \tag{4}$$

La connaissance, à une température donnée, du volume moléculaire v_2 ainsi que de la tension de vaporisation fixe la valeur de tous les éléments de calcul qui rentrent dans la formule (2), sauf la valeur de la fonction a, qui se trouvera ainsi déterminée, et permettra d'obtenir la valeur du trinome Θ par la relation (4).

Considérons trois de ces températures τ_1, τ_2, τ_3, également espacées, et appelons Θ_1, Θ_2, Θ_3 les valeurs connues que prend le trinome Θ respective-

ment à ces trois températures, les constantes A, B, C seront données par les trois mêmes équations (6) de notre dernière Note, qui ont déjà servi à calculer les constantes de la fonction Γ.

En adoptant, pour le calcul des nouvelles constantes de la fonction a, les données expérimentales de M. S. Young aux températures centigrades de 110°, 180° et 250°, on trouve

$$A = 3,6511, \quad B = -5,4612, \quad C = 1,8881.$$

La fonction a se trouve ainsi complètement déterminée pour l'acétate de propyle. On peut en déduire, par les formules (1) et (2), les volumes moléculaires v_1 et v_2, occupés par ce corps à toute température. Les résultats de ce calcul sont consignés ci-dessous pour toute l'étendue des températures étudiées par M. S. Young.

Acétate de propyle.

$T_c = 549,3$; $P_c = 2522^c,7$; $v_c = 0,34523$; $\mu = 102,08$; $n = 1,22$; $R = 0,0821$.

Température centigrade.	Volume moléculaire du fluide saturé (en litres). État de vapeur (v_1). Vol. calc.	Vol. obs.	Δ.	État liquide (v_2). Vol. calc.	Vol. obs.	Δ.
90°	41,4484	41,5466	−0,0982	0,12700	0,12635	+0,00065
100	30,5479	30,6750	−0,1271	0,12863	0,12828	+0,00035
110	23,0096	23,1722	−0,1636	0,13036	0,13037	+0,00001
120	17,6259	17,7211	−0,0952	0,13232	0,13254	−0,00022
140	10,6909	10,7490	−0,0581	0,13710	0,13730	−0,00020
160	6,79727	6,85467	−0,0574	0,14279	0,14278	+0,00001
180	4,48845	4,50173	−0,01328	0,14934	0,14934	0
200	3,02174	3,01136	+0,01038	0,15751	0,15735	+0,00016
220	2,05389	2,05590	−0,00201	0,16579	0,16771	−0,00192
240	1,36556	1,34744	+0,01812	0,18292	0,18275	+0,00017
250	1,09436	1,08715	+0,00721	0,19302	0,19299	+0,00003
260	0,84464	0,84726	−0,00262	0,20803	0,20799	+0,00004
270	0,59767	0,61452	−0,01685	0,23662	0,23560	+0,00102
276,2 (crit.)	0,34523	0,34523	0	0,34523	0,34523	0

Les valeurs obtenues pour le volume moléculaire du corps à l'état liquide s'accordent d'une façon remarquable avec les valeurs observées. Pour le volume moléculaire du corps à l'état de vapeur saturée, l'accord est, en général, encore très satisfaisant, sauf pour la température de 240° et surtout pour la température de 270°, très voisine de la température critique.

Comme vérification des calculs, on remarquera que les différences $v_1 - v_2$

sont, comme cela devait être, exactement les mêmes que celles que nous avons déjà données dans une récente Communication (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 932).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Ed. Delorme. *Les enseignements chirurgicaux de la grande guerre* (*Front occidental*). (Présenté par M. A. Laveran.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration riemanienne.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Nous voudrions montrer comment la méthode de Riemann, secondée par la notion de mesure, conduit à des définitions de l'intégrale équivalentes à celle de M. Lebesgue ou même plus générales.

A. Soient α et β deux nombres positifs dont la somme est inférieure à 1. Soit f une fonction définie sur un segment ab.

Relativement au couple (α, β), appelons *maximum d'épaisseur* de f sur ab le plus grand nombre M tel que l'ensemble $f \geqq M$ ait sur ab une épaisseur moyenne au moins égale à α, et *minimum d'épaisseur* de f sur ab le plus petit nombre m tel que l'ensemble $f \leqq m$ ait sur ab une épaisseur moyenne au moins égale à β (l'épaisseur moyenne d'un ensemble E sur ab est le quotient par $b-a$ de la mesure de E entre a et b). M et m existent et sont finis, si f est fini en tout point, et l'on a $m \leqq M$.

Cela posé, considérons une subdivision quelconque de ab; soient a, x_1, x_2, ..., x_{n-1}, b. Formons les sommes supérieure et inférieure analogues à celles de Riemann, $\Sigma M_i(x_i - x_{i-1})$, $\Sigma m_i(x_i - x_{i-1})$, où M_i et m_i désignent les *maximums* et *minimums* d'épaisseur de f sur l'intervalle $x_{i-1}\, x_i$, relativement à un couple (α, β) indépendant de i et de la subdivision considérée.

Convenons de dire que *f est intégrable au sens* (A), *si les sommes supérieure et inférieure ainsi précisées et relatives à une subdivision variable tendent vers une même limite* I_1 (indépendante du couple α, β) *quand le pas* (maximum de $x_i - x_{i-1}$) *de cette subdivision tend vers zéro*. Cette limite I_1

sera, par définition, l'*intégrale au sens* (A) de $f\,dz$ sur ab. Nous avons démontré le théorème suivant :

Toute fonction f sommable (au sens de M. Lebesgue) *est intégrable au sens* (A). *L'intégrale* I_1 *au sens* (A) *et la somme besgienne* I *de $f\,dx$ coïncident dans ce cas.*

Nous croyons à l'exactitude de la réciproque. Mais nous avons seulement pu établir que, *si f est intégrable au sens* (A) *sur ab, son intégrale* (A) *entre a et x ($a < x < b$) existe, est continue en x et admet f pour dérivée sur une pleine épaisseur de ab* (ou sauf éventuellement en un ensemble de mesure nulle).

L'extension (A) de l'intégrale de Riemann est aussi générale que celle de M. Lebesgue. Nous ne pensons pas qu'elle le soit davantage.

B. Soit F la fonction possédant la période $b-a$ et coïncidant avec f dans le champ $a \leqq x < b$. Soit

$$a,\quad \xi_1,\quad x_1,\quad \xi_2,\quad \ldots,\quad x_{i-1},\quad \xi_i,\quad x_i,\quad \ldots,\quad \xi_n,\quad b,$$

avec

$$x_{i-1} \leqq \xi_i \leqq x_i, \qquad x_{i-1} < x_i \qquad (x_0 = a,\ x_n = b),$$

une subdivision de ab.

Posons $y_i = x_i + t$, $\eta_i = \xi_i + t$, et formons la somme

$$\Phi(t) = \Sigma(y_i - y_{i-1})\,\mathrm{F}(\eta_i).$$

Nous dirons que *f est intégrable au sens* (B) et que *l'intégrale de $f\,dx$ au sens* (B) *a pour valeur* I_2, *si, lorsque le pas ω de la subdivision x_i tend vers zéro, la mesure de l'ensemble des t vérifiant les relations* $|I_2 - \varphi(t)| > \alpha$, $0 < t < b - a$, *tend vers zéro, quel que soit le nombre positif, α indépendant de ω.* On démontre que :

Toute fonction f sommable est intégrable au sens (B), *avec égalité de l'intégrale* (B) *et de la somme besgienne de $f\,dx$.*

La réciproque n'est pas exacte. La fonction égale à $\frac{1}{x\,\mathrm{L}|x|}$ pour $0 < x^2 \leqq 1$, et nulle à l'origine n'est pas sommable. Elle est cependant intégrable au sens (B) dans le champ $(-1, +1)$ et l'intégrale (B) de $\frac{dx}{x\,\mathrm{L}|x|}$ vaut zéro.

La somme de la série trigonométrique la plus générale n'est pas intégrable au sens (B), même si l'on se borne aux subdivisions $x_i = \xi_i = \frac{2i\pi}{n}$.

Plus généralement, on peut prendre pour y_i, η_i des fonctions de t à

nombres dérivés bornés (indépendamment de i et de la subdivision considérée), avec $y_0 = a + t$, $y_n = b + t$. Dans le champ $0 < t < b - a$, soit ω la plus grande des n fonctions continues $|y_i - y_{i-1}|$. Alors, si f est sommable, la mesure de l'ensemble $|I - \varphi(t)| > \alpha$ tend vers zéro avec ω.

C. Considérons une suite non bornée :

$$0, \quad \omega_1, \quad u_1, \quad \omega_2, \quad \ldots, \quad u_{n-1}, \quad \omega_n, \quad u_n, \quad \ldots,$$

avec

$$u_{n-1} \leqq \omega_n \leqq u_n, \qquad 0 < u_n - u_{n-1} < 1.$$

Posons $y_i = a + u_i t$, $\eta_i = a + \omega_i t$, et soit n l'entier défini par les conditions $y_n \leqq b < y_{n+1}$. La somme $\sum_1^n (y_i - y_{i-1}) f(\eta_i)$ est une fonction $\psi(t)$ définie quel que soit t positif. Alors :

Si f est sommable et si I *est la somme besgienne de $f\,dx$ entre a et b, la fonction $\psi(t)$ est approximativement continue à l'origine* (du côté droit) *moyennant* $\psi(0) = I$.

En d'autres termes, $\psi(t)$ tend vers I quand t tend vers zéro par valeurs positives en se déplaçant indifféremment sur un ensemble dont l'épaisseur droite à l'origine existe et est égale à 1.

Quel que soit f, *si $\psi(t)$ est approximativement continue* (à droite) *pour* $t = 0$ *moyennant* $\psi(0) = I_3$, I_3 étant indépendant du choix des ω_i, u_i, on dira que *f est intégrable au sens* (C) et que l'intégrale définie (C) de $f\,dx$ entre a et b vaut I_3.

Il est probable que l'intégration (C) est, comme la seconde, plus générale que celle de M. Lebesgue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes d'Euler.* Note [1] de M. N.-E. **Nörlund**, transmise par M. Appell.

1. Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 21 juillet 1919, j'ai considéré des polynomes d'Euler $E_\nu^{(n)}(x \mid \omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n)$ qui dépendent d'un nombre quelconque de paramètres $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$. De ce qui a été dit relativement à ces polynomes on conclut sans peine qu'ils

---

[1]) Séance du 28 juillet 1919

satisfont à la relation

$$E_\nu^{(n)}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n-x)=(-1)^\nu E_\nu^{(n)}(x).$$

Il en résulte que le polynome $E_\nu^{(n)}(x)$ admet le zéro $x=\frac{1}{2}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n)$, si ν est impair. Soient $p_1, p_2, \ldots, p_n$ des entiers positifs, impairs quelconques. On démontre que

$$\sum_{s_1=0}^{p_1-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{p_n-1}(-1)^{s_1+\ldots+s_n} E_\nu^{(n)}\left(x+\frac{s_1\omega_1}{p_1}+\ldots+\frac{s_n\omega_n}{p_n}\,\middle|\,\omega_1,\ldots,\omega_n\right)=E_\nu^{(n)}\left(x\,\middle|\,\frac{\omega_1}{p_1},\ldots,\frac{\omega_n}{p_n}\right).$$

Cette relation est très utile pour l'étude des propriétés des polynomes. Si en particulier $p_1=p_2=\ldots=p_n=p$, elle se réduit à

$$\sum_{s_1=0}^{p_1-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{p_n-1}(-1)^{s_1+\ldots+s_n} E_\nu^{(n)}\left(\frac{x+s_1\omega_1+\ldots+s_n\omega_n}{p}\,\middle|\,\omega_1,\omega_2,\ldots,\omega_n\right)$$
$$=p^{-\nu}E_\nu^{(n)}(x\mid\omega_1,\omega_2,\ldots,\omega_n).$$

2. Jusqu'ici nous avons considéré essentiellement l'ordre n comme un entier positif. Mais il y a avantage à introduire des polynomes d'ordre négatif en les définissant comme il suit :

$$E_\nu^{(-n)}(x\mid\omega_1,\omega_2,\ldots,\omega_n)=\nabla^n_{\omega_1\ldots\omega_n}x^\nu.$$

Tout ce qui a été dit des polynomes d'ordre positif reste vrai encore pour les polynomes d'ordre négatif. En particulier la relation

$$E_\nu^{(n+p)}(x+y)=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}E_{\nu-s}^{(n)}(x)\,E_s^{(p)}(y)$$

subsiste, que n et p soient des entiers positifs ou négatifs. Posons $p=-n$ et $y=0$, il vient

$$x^\nu=\sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}2^{-s}C_s^{(-n)}E_{\nu-s}^{(n)}(x).$$

Cette relation de récurrence est très commode quand il s'agit de calculer les polynomes d'Euler. Elle permet de déterminer les polynomes d'ordre n sans passer par l'intermédiaire des polynomes d'ordre inférieur à n. Elle peut d'ailleurs s'écrire comme il suit :

$$\sum_{s=0}^{s=\nu}\frac{C_s^{(-n)}}{2^s s!}\frac{d^sE_\nu^{(n)}(x)}{dx^s}=x^\nu.$$

Le polynome d'Euler d'un ordre quelconque est donc la solution rationnelle d'une équation différentielle linéaire à coefficients constants. Si $n = 1$, cette équation se réduit à

$$\sum_{s=1}^{s=\nu} \frac{1}{s!} \frac{d^s \mathrm{E}_\nu(x)}{dx^s} + \mathrm{E}_\nu(x) = 2x^\nu.$$

3. Arrêtons-nous un moment au cas particulier où tous les paramètres ω_1, ω_2, ... sont égaux à 1. En ce cas on démontre que les polynomes d'Euler satisfont à la relation

$$(1) \qquad \mathrm{E}_\nu^{(n+1)}(x) = \frac{2}{n} \mathrm{E}_{\nu+1}^{(n)}(x) - \frac{2}{n}(x-n)\mathrm{E}_\nu^{(n)}(x).$$

Il en résulte que le polynome d'ordre n s'exprime linéairement par n polynomes d'ordre *un*. On a en effet

$$\mathrm{E}_\nu^{(n+1)}(x) = \frac{2^n}{n!} \sum_{s=0}^{s=n} \frac{(-1)^{n-s}}{s!} \mathrm{E}_{\nu+s}(x) \mathrm{D}_x^s (x-1)(x-2)\ldots(x-n).$$

Posons $x = 0$ dans l'équation (1). Il vient

$$(2) \qquad \mathrm{C}_\nu^{(n+1)} = 2\,\mathrm{C}_\nu^{(n)} + \frac{1}{n} \mathrm{C}_{\nu+1}^{(n)}.$$

On a en outre $\mathrm{C}_0^{(n)} = 1$ quel que soit n. A l'aide de cette relation on détermine les $\mathrm{C}_\nu^{(n)}$ et l'on voit qu'ils sont des polynomes en n du degré ν. Mais on peut ici faire une nouvelle extension, qui n'avait pas de sens dans le cas général. On a considéré jusqu'ici l'ordre n comme un entier d'abord positif et puis positif ou négatif. Mais en déterminant les $\mathrm{C}_\nu^{(n)}$ par la relation (2) on n'a plus besoin de s'imposer cette restriction. On peut considérer n comme une variable continue, réelle ou complexe. On peut enfin faire la même remarque relativement aux $\mathrm{E}_\nu^{(n)}$. On arrive ainsi à deux classes nouvelles de polynomes qui à leur tour jouent un rôle important dans plusieurs problèmes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités irrégulières des équations différentielles linéaires.* Note de M. **René Garnier**.

Dans mes Notes antérieures [1], j'ai montré qu'on peut engendrer les singularités irrégulières d'une équation différentielle linéaire par la fusion de

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 142 et 452.

points singuliers réguliers infiniment voisins; et que, partant de là, on peut calculer, au moyen de l'équation irrégulière, les limites des invariants du groupe de monodromie de l'équation régulière. Je voudrais compléter les résultats précédents et en donner de nouvelles applications.

1. Soit

$$(\overline{\mathrm{E}}) \qquad y^{(m)} + \mathrm{A}_1 y^{(m-1)} + \ldots + \mathrm{A}_j y^{(m-j)} + \ldots + \mathrm{A}_m y = 0$$

l'équation irrégulière, les quotients $\mathrm{A}_j : a_j x^{j(n-1)}$ étant holomorphes pour $|x| > r_0$ et tendant vers 1 pour $x = \infty$. Afin d'établir nos résultats antérieurs, nous avons dû supposer essentiellement que l'équation

$$(1) \qquad s^m + a_1 s^{m-1} + \ldots + a_j s^{m-j} + \ldots + a_m = 0$$

possède m racines distinctes; abordons le cas où cette hypothèse n'est plus réalisée. La méthode des approximations successives montre alors que $(\overline{\mathrm{E}})$ possède des intégrales *d'ordre fractionnaire* (pour $x = \infty$); nous allons voir que *ces intégrales sont encore des limites d'intégrales régulières d'une équation* (E) *dépendant d'un paramètre variable* ε, *et tendant vers* $(\overline{\mathrm{E}})$ *pour* ε *infiniment petit.* Pour cela, il nous sera loisible de nous limiter aux équations d'ordre différentiel minimum, possédant des intégrales de l'ordre fractionnaire donné, $n - \frac{l}{m}$ par exemple (l étant inférieur premier à m); dans ce cas, A_m admettra $x = \infty$ comme pôle d'ordre $m(n-1) - l$, tandis que, pour les autres A_j, $x = \infty$ sera pôle d'ordre $\leqq j(n-1) - \frac{jl}{m}$. Procédant alors comme antérieurement, nous adjoindrons à $(\overline{\mathrm{E}})$ l'équation

$$(\mathrm{E}') \qquad (1 - \varepsilon^n x^n)^m y^{(m)} + \ldots + (1 - \varepsilon^n x^n)^{m-j} \mathrm{A}_j y^{(m-j)} + \ldots \\ + (- \varepsilon_1^m x^{m(n-1)} + \mathrm{A}_m) y = 0,$$

qui possède $n+1$ points réguliers $x_h = \varepsilon^{-1} e^{\frac{2h\pi i}{n}}$, $x_\infty = \infty$; ε_1 sera une fonction de ε, infiniment petite avec ε, ainsi que $\varepsilon\varepsilon_1^{-m}$.

Appliquons alors à (E′) l'algorithme d'approximations successives qui nous a déjà servi; la seule circonstance nouvelle qui se présentera concernera le *chemin d'intégration.* Actuellement, ce sera une branche de la courbe

$$(\mathfrak{L}) \qquad \mathcal{R} \left\{ e^{i\delta} \int_0^x \frac{\left[\varepsilon_1^m \xi^{m(n-1)} - \xi^{m(n-1)-l}\right]^{\frac{1}{m}}}{1 - \varepsilon^n \xi^n} d\xi \right\} = \mathrm{C}.$$

Or, pour C fini, $\mathfrak{L}$ possède, entre autres, mn branches, dont chacune

s'enroule autour de x_∞ et de l'un des points x_h; ces branches se divisent en deux catégories. Pour les premières, au nombre de $mn-l$, les points asymptotes x_h et x_∞ sont reliés par un arc qui, pour ε infiniment petit, tend vers un arc d'une branche de l'hyperbole

$$r^{n-\frac{l}{m}}\cos[(n-lm^{-1})\theta+\delta_1]=C_1.$$

Pour les l branches de la seconde catégorie, *le minimum de r est au moins de l'ordre de* $\varepsilon_1^{-\frac{m}{l}}$. D'où la conséquence suivante :

ε étant donné, les mn branches précédentes balaieront d'abord (par variation de δ et C) mn secteurs de la couronne $\mathcal{S}[r_0<|x|<r_1]$, où r_1 a été pris suffisamment grand ; et dans chacun de ces secteurs, on connaîtra une intégrale de (E'), canonique pour x_n ou x_∞. Mais ε tendant vers o, $\mathcal{S}$ *finira par n'être plus balayée que par mn — l arcs*, les intégrales correspondantes s'y comportant comme e^X (avec $X'^m=\varepsilon_1 x^{m(n-1)}-x^{m(n-1)-l}$). A la limite, les l intégrales correspondant aux branches de la seconde catégorie *se seront donc évanouies*, et l'on aura obtenu une division de $\mathcal{S}$ en $mn-l$ secteurs occupés par des intégrales d'ordre $n-\frac{l}{m}$.

2. On démontre d'ailleurs aisément que dans chacun de ces secteurs, on connaît $m+1$ intégrales de $(\overline{E})$ liées par une relation à coefficients constants ; ces relations sont au nombre de $mn-l$; un procédé que nous avons exposé antérieurement permet d'en déduire $(m-1)(mn-m-l-1)$ quantités, qu'on appellera encore les *paramètres* du point irrégulier et qui constitueront les limites d'un nombre égal d'invariants du groupe de (E'). Mais, cette fois-ci, $(m-1)$ *l invariants de* (E') *se seront évanouis, sans laisser de traces dans l'équation* $(\overline{E})$.

3. Sans insister davantage sur le cas où (1) possède des racines égales, indiquons une application des résultats précédents et de ceux de nos autres Notes. Ils conduisent naturellement à la *généralisation* suivante *du problème de Riemann :*

Soit $(\mathcal{E})$ une équation linéaire, $\sum_{j=0}^{m} A_j y^{(m-j)}=0$, les A_j étant des fonctions rationnelles de *formes* données ; $(\mathcal{E})$ possédera donc des singularités (régulières ou IRRÉGULIÈRES) de formes données ; *on demande de choisir les coefficients des* A_j *de telle sorte que les invariants du groupe de monodromie de* $(\mathcal{E})$ *et les paramètres de ses points irréguliers aient des valeurs données.*

D'après ce qui précède, le problème de Riemann généralisé n'est qu'un

cas-limite du problème classique; il doit pouvoir être résolu en même temps que ce dernier. Je me bornerai à indiquer que, pour $m=2$, si ($\mathcal{E}$) n'a qu'un point singulier irrégulier, de rang $n=3$, et dépend d'une variable supplémentaire t, *la solution du problème généralisé exigera l'existence d'un point apparemment singulier* $\lambda(t)$ *qui devra vérifier l'une des équations* (I) *ou* (II) *de M. Painlevé.*

4. Les résultats précédents et d'autres que je ne puis développer seront exposés dans un Mémoire ultérieur. Qu'il me soit permis de faire observer que si la conception d'une singularité irrégulière comme groupement de points réguliers infiniment voisins a pu déjà [1] montrer toute sa fécondité, c'est à la méthode des approximations successives de M. Picard qu'elle en est redevable. C'est d'ailleurs M. Picard qui, le premier, appliqua sa méthode aux équations irrégulières (pour $m=2$, $n=1$). Je citerai aussi de nombreux et importants Mémoires de M. Horn [2]; en ce qui concerne les équations différentielles linéaires, cet auteur n'a étudié que les équations limites, et le long de chemins rectilignes. S'il arrive à la notion de secteurs (pour $m=2$, $n=2$), c'est, circonstance remarquable, à l'aide d'une méthode différente, fondée sur la théorie des séries de facultés, mais qui nécessite de bien plus longs calculs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de M. Angelesco.* Note [3] de M. **Erwand Kogbetliantz**, transmise par M. Appell.

M. Angelesco envisage l'intégrale

$$\mathrm{I}(r)=\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma(\lambda)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)}\frac{\lambda(1-r^2)}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{f(t)\left[\sin^2(\theta_0-t)\right]^\lambda dt}{\left[1-2r\cos(\theta_0-t)+r^2\right]^{\lambda+1}}\qquad(\lambda>0),$$

et il démontre [4] qu'on a

$$\lim_{r=1-0}\mathrm{I}(r)=\frac{1}{2}\left[f(\theta_0-0)+f(\theta_0+0)\right]$$

(1) Elle nous semble devoir être précieuse pour expliquer l'origine des singularités fixes *quelconques* des équations *non* linéaires.

(2) Cf. notamment *Journ. für r. und. ang. Math.*, t. **138**, 1910, p. 159; *Math. Ann.*, t. **71**, 1912, p. 510.

(3) Séance du 28 juillet 1919.

(4) *Thèse*, p. 41-44. Paris, Gauthier-Villars, 1916.

en tout point θ_0 de l'intervalle $(0, 2\pi)$, où cette expression existe, *si la fonction périodique* $f(\theta)$ *est bornée dans* $(0, 2\pi)$.

Dans cette Note nous allons démontrer que *ce résultat de M. Angelesco subsiste aussi quand* $f(\theta)$ *devient infinie dans* $(0, 2\pi)$, *pourvu que le produit*

$$|f(\theta_0 - u) + f(\theta_0 + u)|\,(\sin u)^{2\lambda}$$

soit intégrable dans $(0, \pi)$. On le prouve en considérant le développement ultrasphérique suivant de $f(\theta)$ dans l'intervalle $(0, 2\pi)$:

$$(1) \qquad f(\theta) \sim \frac{\Gamma(\lambda)\,\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(\lambda+\frac{1}{2}\right)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n+\lambda}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t)\, P_n^{(\lambda)}(\cos\overline{\theta - t})\,[\sin^2(\theta - t)]^{\lambda}\, dt,$$

où $P_n^{(\lambda)}(x)$ désigne le polynome ultrasphérique.

Pour $\lambda \to 0$, (1) se réduit au développement trigonométrique de $f(\theta)$. En posant

$$2\varphi(u) = f(\theta_0 - u) + f(\theta_0 + u),$$

nous mettons (1) sous la forme suivante :

$$(2) \qquad \frac{\Gamma(\lambda)\,\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(\lambda+\frac{1}{2}\right)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n+\lambda}{2\pi} \int_0^{\pi} \varphi(u)\, P_n^{(\lambda)}(\cos u)\,(\sin u)^{2\lambda}\, du.$$

L'ordre d'infinitude de $\varphi(u)$, au point $u = \pi$, est le même que celui de $f(\theta)$ au point $\theta = \theta_0 \pm \pi$; désignons-le par γ et appliquons au développement (2) les résultats de nos Notes [1] sur la sommation $(C, \delta > \lambda)$ de la série ultrasphérique

$$F(\theta, \varphi) \sim \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n+\lambda}{2\pi} \int_S\!\!\int \frac{F(\theta', \varphi')\, P_n^{(\lambda)}(\cos\omega)\, d\sigma'}{[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}},$$

dont la série (2) n'est qu'un cas particulier, dans lequel le point (θ, φ) se trouve au pôle de la sphère S, et dans lequel $F(\theta, \varphi)$ ne dépend pas de φ. Nous avons le théorème :

La série (1) *est sommable* $(C, \delta = 2\lambda)$ *avec la somme*

$$\frac{1}{2}[f(\theta_0 - 0) + f(\theta_0 + 0)],$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 510, et t. **168**, 1919, p. 1193.

quel que soit γ $[\gamma < 2\lambda + 1]$, *si* $|\varphi(\theta)|(\sin\theta)^{2\lambda}$ *est intégrable dans* $(0, \pi)$; *si* $\gamma \leqq \lambda + 1$, *la série* (1) *est sommable* (C, $\delta > \lambda$), *mais, pour* $\gamma > \lambda + 1$, *elle n'est pas sommable* (C, $\delta \leqq \gamma - 1$), *tout en l'étant* (C, $\delta > \gamma - 1$).

La sommabilité (C, δ) d'une série $\sum_0^\infty u_n$ avec la somme S entraîne l'existence de $\lim_{r=1-0} \sum_0^\infty u_n r^n = S$ et, par conséquent, notre proposition concernant $I(r)$ se trouve établie.

Il est à observer que le développement (1) n'a rien de commun avec le développement dans l'intervalle $(-1, +1)$ de la fonction

$$F(x) = F(\cos\vartheta) = f(\vartheta)$$

suivant les polynomes orthogonaux ultrasphériques. Par exemple, le cas $\lambda = \frac{1}{2}$ donne le développement

$$F(x) \sim \frac{1}{2}\sum_{n=0}^{\infty}\left(n+\frac{1}{2}\right)\int_{-1}^{+1}\Big\{ F\left[xt-\sqrt{(1-x^2)(1-t^2)}\right] + F\left[xt+\sqrt{(1-x^2)(1-t^2)}\right]\Big\} P_n(t)\,dt \qquad (|x| \leqq 1)$$

qui diffère essentiellement de la série de Legendre.

Ce développement est sommable, (C, 1), si la fonction $F(x)$ est absolument intégrable dans l'intervalle $(-1, +1)$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveaux procédés d'essais mécaniques des métaux.* Note de M. **Charles Frémont**, présentée par M. Haton de la Goupillière.

Les essais mécaniques des métaux s'effectuent actuellement à l'aide de machines importantes dont le poids, l'encombrement et le prix restreignent beaucoup l'usage.

En outre, ces machines sont construites pour essayer des éprouvettes relativement volumineuses dont les dimensions ont été choisies en vue de déterminer plus particulièrement la *moyenne* de la résistance du métal; or ce qu'il importe de mesurer c'est surtout la résistance *minimum* qu'on trouve dans les régions hétérogènes décelées par l'essai de corrosion, parce que ce sont ces points faibles qui sont la cause originelle de toutes les ruptures en service.

En pratique on a aussi à mesurer des résistances locales, par exemple à la suite d'écrouissage, de soudure, etc.

J'ai été conduit à utiliser, pour ces sondages locaux, des éprouvettes de faibles dimensions, puis à imaginer des machines portatives simples et peu coûteuses, pour permettre d'essayer économiquement les métaux, au choc et à la traction, dans les laboratoires d'études et de recherches.

Pour essayer à la traction, le bâti de la machine (*fig.* 1) se compose

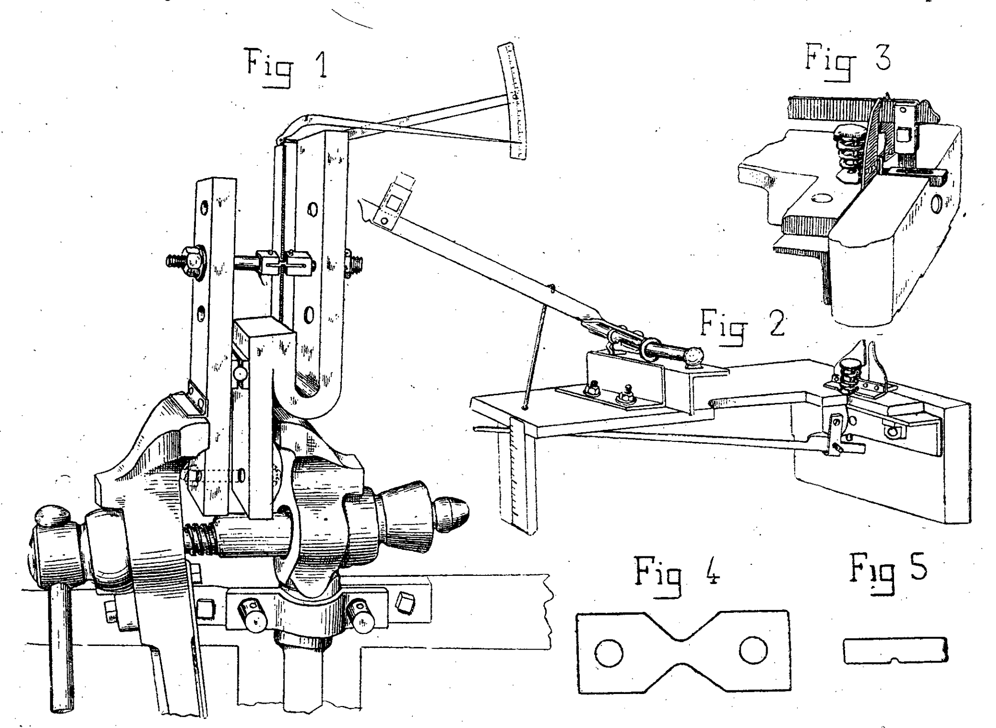


Fig. 1. Machine à essayer le métal à la traction. — Fig. 2 et 3. Marteau à ressort pour essayer le métal au choc. — Fig. 4. Éprouvette de traction, en grandeur naturelle. — Fig. 5. Éprouvette de choc, en grandeur naturelle.

d'une flasque droite et d'une flasque contrecoudée en forme de baïonnette, séparées par un cylindre d'acier dur qui leur sert de pivot de rotation.

Sur chaque flasque, trois trous, fraisés extérieurement pour recevoir une rotule, permettent le montage des deux chapes qui portent l'éprouvette à rompre ; le choix du trou variant avec la résistance prévue, en bas pour les plus hautes résistances à produire, en haut pour les métaux les moins résistants ou les plus ductiles.

L'appareil étant serré dans un étau d'ajusteur, sous la pression effectuée à l'aide de

la vis et de la manivelle, les mors rapprochent les branches inférieures des deux flasques, elles basculent sur l'axe cylindrique en acier dur et écartent les branches supérieures qui opèrent alors la tension croissante de l'éprouvette.

Sous la tension de l'éprouvette, le bâti se déforme élastiquement et cette déformation proportionnelle à l'effort, amplifiée suffisamment, indique par une aiguille sur un cadran, ou une plume sur du papier, et d'après un tarage préalable, la valeur de cet effort à chaque moment de l'essai.

La figure 4 représente, en grandeur naturelle, cette éprouvette de traction; si l'on a eu soin de polir cette éprouvette, la limite d'élasticité vraie est rendue visible et par suite mesurable.

La résistance rupture unitaire *conventionnelle* est donnée dans cet essai, comme d'habitude, en divisant l'effort maximum par la section initiale.

La ductilité est mesurée statiquement par le rapport de la section initiale à la section finale dans la striction.

Cette ductilité statique n'a d'ailleurs pas l'importance qu'on lui attribue généralement, car les ruptures en service des pièces métalliques ne s'effectuent jamais avec striction comme dans l'essai de traction; aussi en pratique cette mesure de la ductilité statique est remplacée avantageusement par la mesure de la résistance vive du métal essayé dynamiquement par le choc effectué dans certaines conditions.

Pour effectuer pratiquement et économiquement cet essai de choc, j'ai construit un marteau à ressort représenté par les figures 2 et 3.

Le percuteur de ce marteau, devant plier une éprouvette de faible section, est constitué par une petite lame d'acier trempé, de 1^{mm} à 2^{mm} au plus d'épaisseur, suivant le cas.

Le manche du marteau est une barre d'acier fixée, à son autre extrémité, sur un ressort dont la tension croissante pendant le relèvement du marteau produit une quantité de travail disponible, qui est rendu instantanément quand on lâche ce marteau; le percuteur frappe alors l'éprouvette avec une vitesse d'impact d'au moins 10^{m} à la seconde.

La quantité de travail dépensée pour produire la rupture est donnée par la mesure de la quantité de travail résiduel; le manche du marteau ayant, après le choc, comprimé un ressort dont la flexion absorbe le restant de puissance vive de ce marteau.

La grandeur de cette flexion du ressort est indiquée par le déplacement relatif d'un tube léger en acier trempé, freiné légèrement dans sa monture et entraîné, sans projection, par le ressort, pendant son brusque affaissement.

Une longue aiguille, amplifiant la course du tube, permet la lecture de la mesure du travail sur une échelle divisée fixée à l'autre extrémité de l'appareil. La division de cette échelle s'obtient par un tarage préalable effectué par la chute d'un poids connu tombant successivement de hauteurs croissantes.

Une matrice, d'ouverture correspondant à l'épaisseur de l'éprouvette, est fixée sur une chalotte d'un poids suffisant.

La figure 5 représente, en grandeur naturelle, l'éprouvette courante de la section réctangulaire de $3^{mm} \times 4^{mm}$ et de 15^{mm} de longueur.

Il est possible d'essayer sur cette machine des éprouvettes plus petites, car j'ai pu facilement essayer au choc des fils d'acier d'un millimètre de diamètre et entaillés d'un tiers de leur épaisseur.

ASTRONOMIE. — *Sur la transformation mécanique du temps sidéral en temps moyen.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. B. Baillaud.

Il peut être commode, dans les Observatoires, d'avoir des horloges qui, sous la dépendance du même mécanisme, indiquent simultanément le *temps moyen* et le *temps sidéral*. La complication des rouages qui en résulte ne permet pas, évidemment, de réaliser ces deux indications sur une pendule à marche indépendante, si l'on tient du moins à une extrême précision; mais la réalisation devient au contraire très facile sur une pendule ou sur un compteur synchronisés par une pendule quelconque, sidérale ou moyenne. La synchronisation a atteint aujourd'hui un tel degré de sécurité que la transformation mécanique et pratique du temps sidéral en temps moyen, ou inversement, peut être obtenue ainsi avec la plus grande précision.

Cette transformation mécanique peut être réalisée par un jeu d'engrenages, par exemple, de telle sorte que le rapport des vitesses de rotation des roues extrêmes soit égal au rapport des temps sidéral et moyen. L'important est que les engrenages restent simples tout en fournissant, avec une haute précision, le rapport voulu.

Nous avons été amené à étudier spécialement cette question, dans le but de doter les diverses salles d'observation de l'Observatoire de Strasbourg de cadrans indiquant simultanément le temps sidéral et le temps moyen et conduits électriquement par une pendule sidérale unique.

Nous nous sommes posé, comme condition, de n'admettre que *deux* engrenages avec, pour chaque roue, un maximum de dents inférieur à 600. Il s'agit donc de représenter le rapport $\frac{366,2421976}{365,2421976}$ par une fraction de la forme $\frac{mm'}{nn'}$ dans laquelle m, m', n, n', sont des entiers inférieurs à 600. Le développement du rapport précédent, en fraction continue, ne fournit pratiquement aucun résultat; les termes des réduites successives conduisent, en effet, à des diviseurs premiers trop grands. Mettant le rapport précédent sous la forme $\frac{N+P}{N}$, nous avons envisagé successivement les diverses

valeurs de l'entier P, en prenant pour N l'entier le plus voisin du produit $P \times 365,2421976$.

Les deux valeurs les plus intéressantes de P que nous avons obtenues sont les suivantes :

1° $P = 103$. On a alors

$$\frac{N+P}{N} = \frac{37723}{37620} = \frac{7 \times 17 \times 317}{4 \times 5 \times 9 \times 11 \times 19} = \frac{119 \times 317}{114 \times 330}.$$

Les deux couples d'engrenages pourront donc avoir respectivement comme nombres de dents 119, 330 et 317, 114; les roues intermédiaires de 330 et 317 dents seront montées sur le même axe; les roues extrêmes de 119 et 114 dents correspondront, la première au temps moyen, la seconde au temps sidéral.

La précision est telle qu'il y aura seulement *perte d'une seconde* en 8 ans (exactement $8^{ans},116$).

2° $P = 289$. On a alors

$$\frac{N+P}{N} = \frac{105844}{105555} = \frac{4 \times 47 \times 563}{3 \times 5 \times 31 \times 227} = \frac{188 \times 563}{227 \times 465}.$$

Les deux couples d'engrenages pourront avoir ici respectivement 188, 465 dents et 563 et 227 dents.

La précision correspond à la *perte d'une seconde*, seulement en 249 ans.

Eu égard aux nécessités de la pratique, la première solution, correspondant à $P = 103$, qui comporte un maximum de 330 dents seulement, est largement suffisante.

A titre de curiosité, signalons encore le cas $P = 801$, qui fournit le rapport

$$\frac{293360}{292559} = \frac{80 \times 19 \times 193}{37 \times 7907}$$

et correspond comme précision à un gain d'une seconde en 13000 ans. Malheureusement, le diviseur 7907 est un nombre premier.

On voit en résumé que deux engrenages seulement suffisent à assurer simplement la transformation qui, bien entendu, est toujours reversible, le mécanisme pouvant être conduit par une pendule unique, sidérale ou moyenne à volonté.

Ce même problème peut présenter quelque intérêt au point de vue de la conduite et la synchronisation des chronographes, pour lesquels on peut obtenir à volonté des secondes sidérales ou moyennes avec une pendule unique, elle-même sidérale ou moyenne.

RADIOLOGIE. — *Sur de nouveaux écrans fluorescents pour la Radioscopie.* Note de MM. **P. Roubertie** et **A. Nemirovsky**, présentée par M. J. Carpentier.

On sait que les écrans fluorescents utilisés jusqu'ici pour les examens radioscopiques sont à base de platino-cyanure de baryum. Le platine y joue un rôle essentiel.

Or le platine est un corps rare. Il est indispensable pour maintes applications dans lesquelles on ne lui connaît pas de succédané. La guerre en a fait une importante consommation. Il a été employé en quantité pour des contacts électriques, dans les magnétos d'aviation notamment, pour la construction des pulvérisateurs utilisés dans les chambres de plomb; en lames dans la fabrication synthétique de l'acide nitrique; en fils demi-fins dans les couples thermo-électriques, en fils fins dans la T. S. F.; sous des formes variées dans les instruments de chirurgie, etc.

Le stock de platine de la France s'est presque épuisé et, la Russie n'exportant plus ce métal, sa valeur a monté à un taux fort élevé. C'est ainsi que les écrans radioscopiques au platino-cyanure de baryum ont atteint actuellement un prix exorbitant. Pour remédier à cet inconvénient, on a cherché de divers côtés à remplacer le composé de platine par des sels de métaux moins précieux.

A la suite de longues recherches, un de nous avait découvert, dès 1911, que les tungstates de métaux magnésiens deviennent lumineux sous l'action des rayons X. Nous avons cherché et réussi à préparer et à fabriquer de nouveaux écrans fluorescents avec ces tungstates, et notamment avec le tungstate de cadmium, c'est-à-dire sans platine.

Les couches que nous réalisons sont exemptes de la phosphorescence permanente que possèdent les écrans aux sulfures divers qui ont été également proposés dans le même but. Elles sont insensibles aux agents physiques et atmosphériques et à l'action prolongée des rayons X qui détériore les écrans à base de platino-cyanure. Leur luminescence, sous l'action des rayons X, est blanche; le corps radioscopié se détache en noir sur l'écran : l'image ressemble aux épreuves radiographiques positives au bromure.

Cette qualité a un double avantage. D'abord elle rend l'examen radioscopique plus agréable et plus précis; on sait en effet qu'avec un écran au platino-cyanure la radioscopie se détache en images violacées sur plages

jaune vert très brillantes; à la fixer, les yeux du radiographe se fatiguent rapidement. Ensuite, elle permet de photographier et permettra sans doute de cinématographier les images formées sur ces nouveaux écrans, ce que ne permet aucun écran au platino-cyanure.

A ces qualités d'ordre purement technique, nos écrans radioscopiques joignent encore l'avantage d'être d'un prix notablement inférieur à celui des écrans au platine, les produits entrant dans leur composition n'étant pas, comme le platine, rares et chers.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chlorhydrine sulfurique sur le sulfate diméthylique. Préparation du chlorosulfonate de méthyle.* Note de MM. **R. Levaillant** et **L.-J. Simon**, transmise par M. Ch. Moureu.

Dans une Note précédente [1], nous avons indiqué les particularités de l'action de la chlorhydrine sulfurique sur le sulfate acide de méthyle, action assez complexe dans laquelle se forme le chlorosulfonate de méthyle.

Il nous faut maintenant décrire, en quelque sorte parallèlement, l'action de la chlorhydrine sulfurique sur le sulfate diméthylique.

Sous l'action de la chaleur, ces deux corps réagissent dans le sens de la formule

$$(1) \qquad SO^2\left\langle{Cl \atop OH}\right. + SO^4(CH^3)^2 = SO^2\left\langle{Cl \atop OCH^3}\right. + SO^2\left\langle{OCH^3 \atop OH}\right. .$$

Il se forme donc, là aussi, du chlorosulfonate de méthyle et, en outre, du sulfate acide de méthyle; mais celui-ci est à son tour en état de réagir sur la chlorhydrine sulfurique dans le sens de la formule

$$(2) \qquad SO^2\left\langle{Cl \atop OH}\right. + SO^2\left\langle{OCH^3 \atop OH}\right. = SO^2\left\langle{Cl \atop OCH^3}\right. + SO^4H^2.$$

En sorte qu'on serait tenté de représenter l'intégralité du phénomène par la formule globale

$$(3) \qquad 2SO^2\left\langle{Cl \atop OH}\right. + SO^4(CH^3)^2 = 2SO^2\left\langle{Cl \atop OCH^3}\right. + SO^4H^2.$$

Cette représentation serait inexacte, tant au point de vue quantitatif qu'au point de vue du mécanisme.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 140.

Nous avons vu, dans la Note citée plus haut, que la réaction (2) est limitée et que, dans les conditions les plus favorables, le rendement ne dépasse pas 60 pour 100 du rendement théorique qui y correspondrait.

D'autre part, la réaction (1) est elle-même une réaction d'équilibre; à la vérité, dans les conditions de l'opération actuelle, l'équilibre est favorable aux produits indiqués dans le second membre, mais nous avons vérifié qu'on peut également réaliser la réaction inverse, c'est-à-dire qu'en chauffant du chlorosulfonate de méthyle et du sulfate acide de méthyle à la température du bain-marie bouillant, il se forme, en petite quantité, chlorhydrine sulfurique et sulfate diméthylique.

Finalement, on se trouve donc en présence d'un mélange de cinq substances : acide sulfurique et ses éthers méthyliques, chlorhydrine sulfurique et chlorosulfonate de méthyle.

Ce sont ces mêmes corps qui constituent le mélange auquel on parvient dans l'action de la chlorhydrine sulfurique sur le sulfate acide de méthyle. Le mode opératoire pour isoler le chlorosulfonate sera donc identique. Par distillation sous pression réduite, on fractionne en deux portions A et B et l'on a un résidu.

La portion A renferme le chlorosulfonate de méthyle accompagné d'un peu de chlorhydrine.

La portion B renferme chlorhydrine, chlorosulfonate et sulfate diméthylique.

Le résidu est de l'acide sulfurique retenant un peu de sulfate acide de méthyle.

L'isolement et la purification du chlorosulfonate de méthyle s'effectuent comme il a été dit (*loc. cit.*).

Le rendement à partir du sulfate diméthylique est plus satisfaisant qu'à partir du sulfate acide de méthyle : dans une réaction à proportions équimoléculaires on recueille $0^{mol},70$ au lieu de $0^{mol},40$. Or le sulfate diméthylique est un produit que l'industrie fournit à l'état de pureté et à prix modéré. C'est donc à cet éther qu'on s'adressera si l'on veut se procurer au laboratoire du chlorosulfonate de méthyle à partir de la chlorhydrine sulfurique.

Le parallélisme d'action sur la chlorhydrine des sulfates de méthyle acide et neutre nous permet maintenant *d'améliorer notablement le rendement de l'opération en chlorosulfonate de méthyle par la combinaison des deux réactions*.

II. L'une ou l'autre de ces deux réactions aboutit en effet à deux portions A et B : la première, qui est du chlorosulfonate souillé de chlorhydrine, la seconde qui renferme ces deux produits et du sulfate diméthylique. Il suffit donc de faire rentrer en fabrication cette portion B pour augmenter notablement le rendement final. Il est avantageux à ce point de vue d'effectuer les opérations en série en utilisant, à partir de la seconde, la portion B de l'opération précédente à laquelle on incorpore une nouvelle quantité de sulfate de méthyle (acide ou neutre) et de chlorhydrine sulfurique.

On procédera, avec le sulfate acide de méthyle par exemple, de la manière suivante :

Première opération. — Une molécule de sulfate acide de méthyle réagit sur $1^{mol},5$ de chlorhydrine sulfurique (excès initial utile).

Deuxième opération. — La portion B_1 de la première opération est incorporée à 1^{mol} de sulfate acide de méthyle et à 1^{mol} de chlorhydrine.

Troisième opération. — La portion B_2 de la seconde opération est incorporée à une nouvelle quantité de sulfate acide de méthyle (1^{mol}) et de chlorhydrine (1^{mol}), et ainsi de suite.

Dans ces conditions on recueille dans chaque opération, à partir de la seconde, dans la portion A, plus de $0^{mol},9$ de chlorosulfonate de méthyle brut dont on peut retirer $0^{mol},8$ de produit pur.

Résultats numériques. — Une série de quatre opérations portant sur $6^{kg},800$ de chlorhydrine industrielle à 90 pour 100 et $0^{kg},920$ d'alcool méthylique pur à 99 a donné $3^{kg},130$ de chlorosulfonate brut dont on a extrait 91 pour 100 de produit pur.

Le rendement est naturellement amoindri si l'on emploie, au lieu d'alcool méthylique pur, le méthylène à 98; $21^{kg},4$ de chlorhydrine et $2^{kg},750$ de méthylène ont encore fourni en cinq opérations $8^{kg},130$ de chlorosulfonate de méthyle à 90 pour 100.

En résumé, par l'action de la chlorhydrine sulfurique sur les sulfates acide et neutre de méthyle, on peut, dans des conditions complexes mais réglables, obtenir assez avantageusement le chlorosulfonate de méthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des cétimines par voie catalytique.* Note de M. **Georges Mignonac**, transmise par M. Ch. Moureu.

La méthode de préparation des corps possédant la fonction cétimine $(R - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - R^1)$, que nous avons fait connaître dernièrement, M. Moureu et moi, est, jusqu'ici, la seule régulière qui permette d'atteindre cette classe de composés [1]. Je me suis proposé de les obtenir par une autre voie et j'ai étudié, à cet effet, l'action de l'ammoniaque sur les cétones.

Cette étude a déjà fait l'objet de quelques travaux.

L'ammoniaque, en solution aqueuse, agissant sur la propanone, donne une série de produits complexes : diacétone-amine ($C^6H^{13}ON$), triacétone-amine ($C^9H^{17}ON$), triacétonediamine ($C^9H^{20}ON^2$) [2]. D'autre part, les cétones homologues de la propanone et l'acétophénone soumises à l'action de l'ammoniaque en solution alcoolique [3] ont conduit à des corps de la forme $\begin{matrix}R\\R^1\end{matrix}\!\!>C\left(N = C\!\!<\!\!\begin{matrix}R\\R^1\end{matrix}\right)^2$; avec la benzophénone seulement, on a obtenu une huile dont le chlorhydrate présente la composition et les propriétés du chlorhydrate d'iminobenzophénone (diphénylcétimine) [4].

J'ai pensé que l'on pourrait obtenir les imines en dirigeant sur un catalyseur de déshydratation, maintenu à une température convenable, un mélange de gaz ammoniac et de cétone. J'ai utilisé, comme catalyseur, l'oxyde de thorium, qui a été employé déjà par MM. Sabatier et Mailhe pour effectuer la préparation des amines en soumettant les alcools à l'action du gaz ammoniac [5].

Le catalyseur de MM. Sabatier et Mailhe m'a conduit à d'excellents résultats pour la préparation de cétimines, et la réaction de déshydratation s'est effectuée normalement :

$$RCOR' + NH^3 = R - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - R^1 + H^2O.$$

(1) Ch. Moureu et G. Mignonac, *Les Cétimines* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1081).

(2) Heintz, *Ann. Chem.*, t. 174, p. 133; t. 198, p. 42; t. 203, p. 336.

(3) Thomae, *Arch. der Pharm.*, t. 243, p. 291-296 et 393-394.

(4) Thomae, *Arch. der Pharm.*, t. 243, p. 395-398.

(5) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 898; t. 153, 1911, p. 160 et 1204.

Je dois dire cependant que je n'ai pas réussi à isoler jusqu'ici les cétimines des cétones purement aliphatiques; ces imines se condensent avec une extrême facilité, de sorte qu'on n'observe que les produits de la condensation.

Le dispositif employé pour préparer les cétimines par catalyse est très simple. Dans un tube, qui peut être chauffé électriquement et maintenu à une température variable suivant les cas, et comprise entre 300° et 400°, on place une traînée d'oxyde de thorium. Sur la masse chauffée on entraîne, par un courant rapide de gaz ammoniac, la cétone à transformer, et l'on condense les produits formés dans un récipient refroidi par de la glace ou par un mélange de glace et de sel. Il est important de bien refroidir ce récipient, même pour des produits non volatils; en effet, dans le mélange obtenu (imine, eau, cétone en excès), la vitesse d'hydratation de l'imine croît rapidement avec la température :

$$\underset{\mathrm{NH}}{\overset{\mathrm{R-C-R'}}{\|}} + \mathrm{H^2O} = \underset{\mathrm{O}}{\overset{\mathrm{R-C-R'}}{\|}} + \mathrm{NH^3}.$$

Pour extraire l'imine des produits de la réaction, on traite le mélange par de l'éther, on décante l'eau (en mesurant son volume, on peut se rendre compte approximativement de la quantité de cétone réellement transformée), et l'on sèche la solution éthérée sur du sulfate de soude anhydre ; on chasse l'éther, par rectification dans le vide du résidu, on sépare d'abord un mélange de cétone et d'imine, puis les produits résultant de la condensation de celle-ci.

Pour séparer l'imine de la cétone on traite le mélange par l'éther anhydre, et l'on dirige dans la liqueur éthérée un courant de gaz chlorhydrique rigoureusement sec : le chlorhydrate se précipite, on le lave à l'éther anhydre. S'il n'est pas d'une entière pureté, s'il contient du chlorhydrate d'ammoniaque, on le purifie en le dissolvant dans le chloroforme et en le reprécipitant de sa solution chloroformique, après séparation du chlorhydrate d'ammoniaque, par l'éther de pétrole.

Préparation de quelques cétimines : 1° Méthylphénylcétimine, $\mathrm{CH^3}\underset{\mathrm{NH}}{\overset{\mathrm{C}}{\|}}\mathrm{C^6H^5}$. — L'acétophénone réagit sur le gaz ammoniac à 380°-390°, en présence d'oxyde de thorium. On obtient un mélange d'eau et d'une huile jaunâtre (en outre, à l'extrémité du tube à catalyse on remarque une substance cristallisée fondant à 161°, dont l'étude est en cours). On sépare l'eau en épuisant le mélange à l'éther, et la solution éthérée est séchée; après évaporation de l'éther le résidu est distillé dans le vide. Les deux pre-

miers tiers passent à 99°-110° sous 29^{mm}; cette fraction contient la cétimine. On en fait une solution dans l'éther anhydre, qu'on traite par le gaz chlorhydrique sec : le chlorhydrate se précipite, il est séparé et lavé à l'éther anhydre. Il constitue le chlorhydrate de méthylphénylcétimine (Cl pour 100 : trouvé, 22,67; calculé, 22,83).

C'est un sel blanc, très hygroscopique, très rapidement décomposable par l'eau. Par hydrolyse, il donne de l'acétophénone et la quantité théorique de chlorhydrate d'ammoniaque.

Le rendement en chlorhydrate, d'imine calculé à partir de la cétone mise en œuvre, est compris entre 15 et 20 pour 100.

2° *Éthylphénylcétimine :* $C^2H^5-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-C^6H^5$. — La propiophénone $C^6H^5COC^6H^5$, traitée dans les mêmes conditions que l'acétophénone, conduit à un liquide jaunâtre contenant 20 à 25 pour 100 d'éthylphénylcétimine. J'ai séparé cette base à l'état de chlorhydrate : $C^2H^5-\underset{\underset{NH.HCl}{\|}}{C}-C^6H^5$. Ce sel fond à 145°, avec décomposition; il possède toutes les propriétés du chlorhydrate d'éthylphénylcétimine antérieurement décrit [1].

3° *Cyclohexylcétimine :* $(CH^2)^5C=NH$. — Il était intéressant d'essayer d'obtenir cette base par la méthode que je viens de faire connaître. Pour des imines de ce type, la méthode que nous avons préconisée, M. Moureu et moi, serait, en effet, d'une application difficile [1].

La cyclohexanone $(CH^2)^5CO$, soumise au même traitement que les cétones précédentes, à la température de 300°-330°, réagit très facilement sur le gaz ammoniac. Mais la cyclohexylcétimine paraît se condenser avec une extrême facilité, et l'on obtient, surtout, le produit résultant de la condensation, lequel bout à 183°-184° sous 3^{mm}. Cependant je suis parvenu à isoler une petite quantité de chlorhydrate de cyclohexylcétimine $(CH^2)^5C=NH.HCl$. Cl pour 100, trouvé : 25,93; calculé : 26,59.

4° *Diphénylcétimine :* $C^6H^5-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-C^6H^5$. — La benzophénone $C^6H^5COC^6H^5$, entraînée par un excès de gaz ammoniac sur de l'oxyde de thorium chauffé à 380°-390°, est transformée presque quantitativement en diphénylcétimine. On obtient un liquide légèrement coloré en jaune, qui contient 90 pour 100 de base. Après rectification dans le vide, on sépare la cétimine à l'état de chlorhydrate : $C^6H^5-\underset{\underset{NH.HCl}{\|}}{C}-C^6H^5$.

La base $C^6H^5-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-C^6H^5$ (ébullition : 170°-171° sous 17^{mm},5) est identique à celle précédemment décrite [1].

---

(1) Ch. Moureu et G. Mignonac, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1081.

GÉOLOGIE. — *Dépôts coquilliers aux environs d'Erquy (Côtes-du-Nord).* Note (¹) de MM. **Lucien Daniel** et **Thoulet**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dès 1849, Durocher, après lui M. Ch. Barrois et tout dernièrement MM. Ph. Dautzenberg et Gustave Dollfuss ont signalé en divers points de la côte nord de Bretagne, et particulièrement aux environs de Dol, de Saint-Malo et de Saint-Cast, à une altitude d'environ 8 mètres, l'existence de dépôts de coquilles récentes témoignant d'un changement relatif de niveau entre la mer et la terre dans cette région. Après Jean Daniel qui en avait reconnu la présence, nous avons à notre tour découvert un grand nombre de gisements sous forme de poches, couches, amas et dépôts épars le long de la mer, aux environs du bourg d'Erquy, dans les Côtes-du-Nord. Les principales localités sont les suivantes : falaises bordant les plages de la Ville-Berneuf (extrémité nord, 1 couche) et de Caroual (extrémité sud, 1 couche), de Lourtoué (extrémité est, 5 couches), la falaise rocheuse de Crèvecœur au cap d'Erquy, où l'amas est particulièrement important, une couche très étendue vers l'extrémité est de la plage du Guin, puis, à une distance ne dépassant guère deux kilomètres de la mer à vol d'oiseau, l'entrée du village de Caroual (poche), la tranchée du chemin de fer départemental près de la ferme du Travers (amas très considérable), escalier conduisant d'Erquy à Tu-ès-Roc (1 couche), montée du Noirmont (1 couche), route des Hôpitaux à Pléneuf, près de la Ville-ès-Rennais (poche), et au delà, sur la même route, le plus loin de la mer, près des ruines du moulin de Clairville (poche). Enfin, on trouve des coquilles marines disséminées en petit nombre sur une foule de points de la commune, au bord des chemins, des routes, où leur conservation et leur blancheur les font aisément découvrir. Sous une forme ou sous une autre, ces gisements de coquilles signalés entre le Mont-Saint-Michel et le cap Fréhel se continuent donc en série presque ininterrompue entre cette dernière localité et la plage de la Ville-Berneuf.

Les coquilles prédominantes sont des Patelles qui se montrent partout et des Moules qui constituent, presque à elles seules, la totalité de l'amas de la ferme du Travers. On trouve aussi, entiers ou en fragments, des Bigorneaux, Huîtres, Peignes, Murex, Haliotis, etc., d'espèces récentes, portant les traces indiscutables d'un long enfouissement. Leur gisement

(¹) Séance du 28 juillet 1919.

est, en général, à une profondeur de $1^m,50$ à $2^m,50$ au-dessous de la surface du sol, au milieu de sables légèrement argileux faisant une faible effervescence avec les acides. Leur origine est attribuable à diverses causes. Tout d'abord, les coquilles isolées, disséminées dans les champs ou en petites poches loin de la mer, peuvent avoir été apportées avec le goëmon destiné à l'amendement des terres, ou, dans le voisinage immédiat des fermes, être les restes de coquillages ayant servi, suivant une habitude locale, à l'engraissement des porcs.

Les amas (ferme du Travers, Crèvecœur) correspondent plutôt à des débris de cuisine comparables aux Kjökkenmöddings du Danemark, et la découverte de silex taillés dans la région, la présence d'un dolmen près du bourg, l'existence très ancienne de vastes marais qui n'ont disparu que depuis moins d'un siècle, la fragilité des coquilles engageraient à reporter ces gisements à une époque extrêmement reculée et même préhistorique.

Enfin, certains d'entre eux, disposés en couches dans des sables un peu vaseux avec grains de dimensions en majeure partie uniformes, mélangés à des graviers et à des cailloux anguleux et souvent plus ou moins arrondis, appartenant aux diabases et aux schistes cristallins de la région, la disposition des coquilles de Patelles, presque toujours la pointe en l'air, l'inclinaison des couches dans la direction du thalweg des diverses petites vallées descendant vers la mer, enfin, l'ensemble de leurs caractères, nettement identiques à ceux que l'on peut aujourd'hui observer au lieu dit la Bouche, ou estuaire de l'Islet, au nord d'Erquy, autorise à les considérer comme des formations ayant fait partie d'anciens estuaires. D'autres couches, remarquables par une quantité considérable de petits fragments de briques et de poteries, mêlés à des coquilles disséminées et aussi à des blocs rocheux très gros et à de menues pierrailles anguleuses, situées à un niveau plus élevé au-dessus du niveau de la mer que les couches d'estuaires, au pied de talus, paraissent résulter d'éboulements.

A quelle date se sont formés ces dépôts, pour la plupart situés actuellement à des altitudes de 3^m à $8\text{-}10^m$? Les seuls débris intéressants autres que les coquilles trouvés dans les couches, des tessons de poteries gallo-romaines ou gauloises, un fragment de lave noire poreuse, du charbon de bois et une dent de Bovidé, tendraient à faire admettre que les dépôts seraient postérieurs à l'époque romaine et que la mer atteignait alors un niveau supérieur à celui d'aujourd'hui. Il en serait de même pour les couches de Caroual, de la Ville-Berneuf, de Lourtoué et de Guin, sensiblement à la même altitude. On est ainsi conduit à songer au grand cata-

clysme de l'an 709 à la suite duquel la côte ouest de la presqu'île du Cotentin fut submergée sous la mer en ne laissant comme témoins de son existence que les îles normandes de Jersey et de Guernesey dans leur état actuel. Il est probable qu'antérieurement à l'événement, qui fut soudain, le flot de marée venant de l'entrée de la Manche et heurtant le continent plus en avant vers l'Ouest produisait dans la baie de Saint-Brieuc, au moins partiellement, l'entassement d'eau qui s'effectue aujourd'hui dans la baie du Mont-Saint-Michel et donne une dénivellation d'environ 12^m. Ainsi serait justifiée l'altitude uniforme actuelle des couches de coquilles partout où elles ont été constatées.

Quant à la cause même du cataclysme, dont la violence et la soudaineté ont permis la conservation des coquilles dans les sables meubles de la dune de Lourtoué, ne pourrait-on pas l'expliquer par une éruption ou une secousse volcanique sous-marines ayant leur centre quelque part dans le nord-ouest des îles normandes, là où la Manche présente ses plus grandes profondeurs ? Les volcans sous-marins sont beaucoup plus nombreux qu'on ne serait porté à le croire. Des recherches océanographiques, bathymétriques et microlithologiques sur place, qu'il n'est malheureusement pas en notre pouvoir d'effectuer en ce moment, permettraient seules d'élucider une question aussi intéressante pour l'Océanographie que pour la Géographie physique, la Géologie et l'Archéologie de la Bretagne.

BOTANIQUE. — *Sur l'absorption des sels minéraux par le sommet de la racine.* Note (¹) de M. **Henri Coupin**, transmise par M. Gaston Bonnier.

Après avoir constaté que le sommet de la racine absorbe l'eau dans laquelle il est plongé (²), il était naturel de se demander si, en même temps — ce qui, d'ailleurs, était presque évident *a priori*, — il laisse pénétrer à son intérieur les sels minéraux qui peuvent y être tenus en dissolution et si cette endosmose est suffisante pour permettre la nutrition des végétaux. Les expériences faites dans ce but ont été disposées comme je l'ai indiqué précédemment, c'est-à-dire que les germinations ont été maintenues, pendant quelques jours, dans une atmosphère à la fois humide et aérée, et la pointe de leur racine plongeant *seule* dans le liquide. Celui-ci était, pour

(¹) Séance du 28 juillet 1919.
(²) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 519 et 1005.

chaque espèce de plantes, soit (B) de *l'eau redistillée* [1], soit (A) du *liquide de Knop* [2]. Le tout était laissé dans le laboratoire ($t = 20°$ environ), devant une fenêtre largement éclairée et regardant le Nord. Toutes les 24 heures, on remontait les germinations afin que la pointe de la racine fût seule immergée.

Les résultats obtenus avec un grand nombre d'espèces prises au hasard ayant été *rigoureusement identiques*, il suffira, pour en donner une idée, que j'en cite trois exemples [3] qui fixeront les idées et qui, relatifs à des graines faciles à se procurer partout, pourront être vérifiés par ceux qui voudraient opérer pour eux-mêmes.

POIS GRIS.

	A (liquide de Knop).				B (eau redistillée).			
	Longueur de la racine (en cm).	Nombre de radicelles.	Longueur de la tige (en cm).	Feuilles.	Longueur de la racine (en cm).	Nombre de radicelles.	Longueur de la tige (en cm).	Feuilles.
État initial........	3,7	0	0		2	0	0	Feuilles non étalées.
Au bout de 24h....	5,2	0	0	Bien développées, mais non étalées.	3	0	0	
» 48h....	5,5	0	0,3		3,5	0	0,3	
» 72h....	6	traces	0,5		4	traces	0,5	
» 96h....	7,5	15 de 1 à 2mm	0,6		5	1	0,8	
» 120h....	8	20 de 2 à 6	1,4		5,5	4	1,5	
» 144h....	8,2	20 de 10 à 20	1,7		5,6	7	1,5	
» 168h....	9	20 de 10 à 20	2,5		5,7	7 de 10mm	2	
» 192h....	10	20 de 10 à 40	3		5,8	7 de 10	2	
» 216h....	11	20 de 10 à 57	4,5	Feuilles étalées.	5,9	7 de 10	2,8	
» 240h....	12	24 de 10 à 60	8		6,5	7 de 10	3,5	
» 264h....	13	26 de 10 à 65	9		6,6	7 de 10	3,6	

Après la 264e heure, l'expérience a été arrêtée parce que, dans la culture A, les radicelles étaient devenues i longues qu'elles étaient sur le point de pénétrer dans le liquide, ce qui aurait faussé les résultats, en les xagérant. Cette culture A était en pleine vigueur, avec une tige robuste et des feuilles assez larges, tandis ue la culture B était assez malingre et presque arrêtée dans son développement.

---

[1] Il faut éviter d'employer de l'eau distillée du commerce, qui contient du cuivre, susceptible de nuire aux racines et, notamment, comme je l'ai reconnu, de tuer le point végétatif. Il faut redistiller cette eau dans du verre.

[2] Le liquide de Knop est, comme on sait, le liquide classique pour étudier la nutrition minérale des plantes. Pour 1l d'eau (redistillée), il contient du nitrate de calcium (1g), du nitrate de potassium (0g,25), du phosphate acide de potassium (0g,25), du sulfate de magnésium (0g,25) et des traces de phosphate de fer.

[3] Les radicelles indiquées se trouvaient exclusivement dans l'air humide et non dans le liquide de culture.

RICIN SANGUIN.

	A (liquide de Knop).				B (eau redistillée).			
	Longueur de la racine (en cm).	Nombre de radicelles.	Longueur de l'axe hypocotylé (en cm).	Cotylédons.	Longueur de la racine (en cm).	Nombre de radicelles.	Longueur de l'axe hypocotylé (en cm).	Cotylédons.
État initial.........	1,8	0	0,3	Enfermés dans l'albumen.	1,7	0	0,3	Enfermés dans l'albumen.
Au bout de 24h.....	2,2	6 de 3mm	0,5		2	8 de 4 à 7mm	0,6	
» 72h.....	4,5	6 de 5 à 8mm	0,8		4	8 de 5 à 8	1	
» 120h.....	6,5	6 de 5 à 9	1		5,3	8 de 5 à 8	1	
» 168h.....	11	6 de 5 à 10	2	Commençant à s'écarter.	6	18 de 1 à 8	1,2	
» 216h.....	14	46 de 4 à 10	2,5		7,5	20 de 1 à 9	1,4	
» 264h.....	15	50 de 10 à 30	2,8		nécrosée	20 de 1 à 9	1,4	
» 312h.....	16,5	60 de 20 à 30	3		mourante	20 de 1 à 9	1,4	
» 360h.....	20	60 de 20 à 30	4		mourante	20 de 1 à 9	1,4	
» 408h.....	25	60 de 20 à 30	5,5	Étalés.	morte	20 de 1 à 9	1,4	
» 504h.....	26	70 de 20 à 30	7		morte	20 de 1 à 9	1,4	

Après la 504e heure, le développement de A devient tellement considérable qu'il n'y a pas de récipients assez grands pour en continuer la culture, laquelle, par suite, est volontairement arrêtée.

LUPIN BLANC.

	A (liquide de Knop).				B (eau redistillée).			
	Longueur de la racine (en cm.)	Nombre de radicelles.	Longueur de l'axe hypocotylé (en cm.)	Feuilles.	Longueur de la racine (en cm.)	Nombre de radicelles.	Longueur de l'axe hypocotylé (en cm.)	Feuilles.
État initial........	1,5	0	0,5	Enfermées entre les cotylédons	1,7	0	0,5	Enfermées entre les cotylédons
Au bout de 24h....	2,7	0	0,5		2	0	0,8	
» 72h....	6,2	0	1,5		3,5	5 de 1mm	0,8	
» 120h....	12,8	6 de 1 à 2mm	2,5	A demi sorties, mais non étalées	3,5	8 de 1 à 5mm	1	Commencent à sortir d'entre les cotylédons
» 168h....	13	»	5		Nécrosée	11 de 1 à 8mm	1,5	
» 216h....	19	»	5,5		»	»	2	
» 264h....	21	7 de 1 à 2mm	6,5		»	25 de 1 à 15mm	2	
» 312h....	22	»	7		»	25 de 1 à 20mm	2	
» 560h....	23	»	7,2	Etalées	»	»	2	A demi sorties, mais non étalées
» 408h....	24	»	7,5		»	»	2	

A la 408e heure, A, en pleine vigueur, continue son développement, mais la culture en est volontairement interrompue, le récipient étant trop petit pour loger la racine, qui devient démesurée.

On voit, par les caractères morphologiques de ces trois paires de germinations et sans qu'il soit besoin d'en peser le poids sec, que chaque plante dont la pointe radiculaire plongeait dans le *liquide de Knop* a pris un développement nettement supérieur à celui de la plante dont la pointe radicu-

laire plongeait dans l'*eau redistillée.* Cette différence est manifestement due à ce que, dans le premier cas, les sels nutritifs avaient pénétré dans la racine et avaient permis au végétal de s'accroître plus que celui qui n'avait à sa disposition que les matières de réserve de ses cotylédons ou de son albumen. On peut donc en conclure que *la pointe de la racine est susceptible d'absorber les sels minéraux et que ceux-ci sont copieusement utilisés pour l'édification du végétal auquel on les a offerts.*

ÉCONOMIE RURALE. — *Quelques procédés de destruction des Acridiens et leur application.* Note de M. **P. Vayssière**, présentée par M. Paul Marchal.

Les cultures de la Crau ont eu en 1918 et surtout en 1919 à souffrir de la multiplication intense d'une espèce d'Acridiens autochtone, le Criquet marocain (*Dociostaurus marocanus*). Cet Orthoptère se rencontre sur tout le littoral méditerranéen, mais ses invasions en France ne paraissaient à craindre, jusqu'à ces dernières années, qu'en Camargue où, depuis 1555, on a signalé des déprédations souvent très importantes, notamment en 1614, 1616, 1625, 1719, 1894, 1901, 1910 et 1914. Les départements du Var et des Basses-Alpes ont eu récemment à se plaindre dans les parties montagneuses du *Calliptamus italicus;* enfin l'Afrique du Nord vient de subir une invasion sérieuse du Criquet pèlerin (*Schistocerca tatarica*).

J'ai eu l'occasion, au cours de trois missions officielles effectuées dernièrement, l'une au Maroc, les deux autres dans le sud-est de la France, d'étudier ces divers insectes et surtout les moyens de destruction propres à combattre ces fléaux de l'Agriculture. Sur la demande du Conseil général des Bouches-du-Rhône et de la Commission technique pour l'emploi agricole des produits de guerre, instituée au Ministère de l'Agriculture (Direction des Services sanitaires et scientifiques), des essais de nouveaux traitements ont été entrepris cette année en Crau. J'ai pu avoir ainsi à ma disposition des appareils et des produits dont certains sont appelés à un avenir intéressant en Phytopathologie.

Essais :

1. *Lance-flammes* (modèles P_3 et P_4 de l'Armée) (1). — Ces appareils, qui utilisent l'huile lourde de houille comme combustible (2), donnent des résultats remarquables

(1) Essais faits en collaboration avec M. Bazile.

(2) Les Italiens ont employé, depuis 1914, des appareils similaires d'origine allemande, alimentés par un mélange de benzine et de pétrole, donc beaucoup plus onéreux que notre produit.

contre les bandes d'Acridiens au repos ou en marche sur le sol : tout insecte surpris par la flamme ou posé sur une aire de 1^m environ autour de la surface brûlée est tué instantanément. Avec un seul chargement d'un appareil d'une douzaine de litres de capacité, bien manipulé, on peut balayer une surface supérieure à 200^{m^2}. La façon la plus pratique d'opérer consiste dans l'emploi de deux ou trois appareils qui, agissant simultanément, couvrent en un instant très bref une zone de 100^{m^2}.

2. *Gaz suffocants toxiques.* — Deux d'entre eux ont été expérimentés : un mélange d'oxychlorure de carbone et de chlorure d'étain, qui avait été considéré pendant la guerre comme très toxique pour les Mammifères, n'a donné aucun résultat positif [1] sur des bandes très nombreuses de Criquets qui étaient pourtant maintenues sous l'action d'un gaz très concentré à des distances du point d'émission variable de $0^m,10$ à 4^m. Il fut très nocif pour la végétation voisine. Par contre, des pulvérisations d'une émulsion aqueuse à 25 pour 100 ou mieux à 50 pour 100 de chloropicrine [2] m'ont donné d'excellents résultats : tout Acridien touché par une des fines gouttelettes du liquide émis par un pulvérisateur ordinaire en tôle étamé, tombait, atteint de paralysie complète des ailes, puis des pattes postérieures, et mourait en quelques secondes, les anneaux de l'abdomen animés d'un rapide mouvement rythmique antéro-postérieur. Il est intéressant de noter que certains Criquets ainsi tués étaient parasités par une larve de Diptère (*Sarcophaga* sp. ?), qui, après la mort de son hôte, est sortie pour se nymphoser. De plus, la chloropicrine semble, dans les concentrations expérimentées, ne brûler que passagèrement la végétation qui reprend au bout de peu de semaines. Les observations sont encore en cours près de Miramas.

3. *Appâts empoisonnés.* — La loi française ne prévoit dans aucun cas, en Agriculture, l'emploi des sels arsenicaux solubles, bien que les Américains et les Italiens, en particulier, les utilisent sur une grande échelle et obtiennent ainsi des résultats remarquables en entomologie agricole. M'étant trouvé en présence de cultures, de prairies en particulier, soumises à une irrigation hebdomadaire et dans lesquelles aucun animal domestique ne vient paître du début de mars à fin octobre, j'ai fait des essais de lutte contre le *D. maroccanus* par l'emploi des appâts à base d'un sel soluble d'arsenic. J'ai utilisé une des formules dont l'emploi se généralise en Amérique et dans laquelle, pour 12^{kg} de son, entre seulement $0^{kg},500$ d'arseniate de soude. Le mélange obtenu a été semé à la volée au début de la matinée dans des prairies couvertes de Criquets encore engourdis par la fraîcheur de la nuit. Douze heures après, une grande quantité d'insectes gisaient empoisonnés et quarante-huit heures après, on pouvait évaluer à plus de 80 pour 100 le nombre d'Acridiens détruits.

J'ai pu traiter au total plus de 500^{m^2}.

En présence des résultats obtenus dans trois des essais précédents, il m'apparaît comme possible d'enrayer à l'avenir la pullulation du *D. maroc-*

---

(1) Essais faits en collaboration avec MM. Amalbert et Basile.

(2) Voir pour les propriétés de ce corps la Note de G. Bertrand (*Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 911).

canus et des Acridiens en général. Dans ce but, lorsque les bandes des jeunes larves d'Acridiens se constituent, on doit utiliser :

1° Les lance-flammes sur toutes les surfaces contaminées où il n'y a aucune chance d'incendie (Crau désertique, etc.);

2° Les pulvérisations d'une solution à 50 pour 100 de chloropicrine dans les zones où le lance-flamme serait d'un emploi dangereux;

3° Les appâts arsenicaux dans les prairies irriguées où les animaux ne viennent pas pâturer.

Il est évident que la lutte ainsi comprise, certainement beaucoup plus économique et plus efficace que celle effectuée dans certaines de nos colonies, ne peut être laissée à l'initiative privée. Il est obligatoire, vu le caractère toxique ou dangereux des procédés préconisés, que l'Etat prenne la responsabilité de l'organisation et soit secondé par des associations de propriétaires telles que les Syndicats de défense.

Bien plus, il est avéré que la presque totalité de l'Afrique est menacée d'une façon permanente par les invasions du *Schistocerca tatarica* et que la France est la nation la plus intéressée à la destruction de ce fléau. Elle devrait, dans ces conditions, prendre au plus tôt l'initiative d'une lutte méthodique et rationnelle contre cet Acridien.

Il faudrait pour cela entreprendre l'organisation d'une association scientifique (comparable au « South African central Locust Bureau » et à la Conférence internationale de « Defensa agricola » de Montevideo) entre les pays intéressés ; on pourrait ainsi espérer un rendement maximum avec des dépenses très inférieures à celles consenties actuellement dans chaque contrée pour lutter à peu près efficacement mais d'une façon toute temporaire. En effet, la coopération de tous en vue de la destruction du *Schistocerca tatarica* dans sa zone permanente serait autrement plus utile pour l'avenir que ces luttes individuelles, souvent bien organisées, mais qui ne visent que l'extinction des bandes d'invasion, certainement secondaires dans la reproduction intensive de l'espèce. Des missions scientifiques dûment préparées à ce rôle suivraient par les moyens les plus sûrs les bandes migratrices lors du retour vers la zone permanente (par exemple à partir du passage à Marrakech en juillet) et on établirait grâce à cette méthode la situation réelle des centres de multiplication du Criquet pèlerin, points encore mystérieux ainsi que d'ailleurs divers détails biologiques que l'on pourrait préciser par la même occasion. Ces données étant connues, nous aurions une base précieuse pour appliquer dans les meilleures conditions de succès

les procédés de lutte exposés ci-dessus et pour juguler dans son foyer originel un fléau qui, soit par les récoltes qu'il dévaste, soit par les dépenses qu'il entraîne, cause périodiquement à la fortune de notre pays les plus graves préjudices.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les peroxydases dans les laits.* Note de M. **H. Violle**, présentée par M. Roux.

Tous les auteurs s'accordent à considérer comme signe de grande valeur la présence de peroxydases dans les laits crus, et l'absence de ces mêmes corps dans les laits cuits.

De nombreuses réactions ont été décrites, plus sensibles les unes que les autres, pour rechercher les ferments oxydants, et cette pluralité, un peu déconcertante d'ailleurs, s'explique par ce fait que la quantité d'enzymes contenue dans le lait est extrêmement variable. Dans certains cas, il est impossible de déceler d'une façon notable ces corps dans des échantillons de laits cependant prélevés immédiatement après la traite.

D'après nos recherches, nous avons pu établir deux séries de faits :

1° Des laits crus peuvent normalement ne contenir que des traces de diastases oxydantes;

2° Des laits chauffés peuvent frauduleusement en contenir abondamment.

1° En prélevant des glandes mammaires chez le cobaye en état de lactation, en en faisant des coupes fraîches, les unes laissées telles quelles avec le lait qui sourd à leur surface, les autres abondamment lavées dans un courant d'eau et indemnes ainsi de toute trace de lait (ainsi que de sang dans les deux cas), en répandant à la surface de ces deux catégories de coupes un réactif très sensible des peroxydases (paraphénylène-diamine ou teinture de résine de gaiac), on s'aperçoit que la première reste incolore et que la seconde prend immédiatement une coloration intense. En examinant au microscope des frottis faits avec ces fragments colorés, on voit que la matière colorante imprègne les éléments cellulaires.

De ces faits il résulte que la peroxydase est contenue dans les cellules glandulaires, et, en tant que substance soluble, passe dans le lait. Mais la quantité qui est ainsi éliminée reste extrêmement faible. Or c'est le cas normal, lorsque la mamelle est parfaitement saine et qu'aucune action mécanique violente lors de la traite n'a entraîné, avec le lait, des cellules étrangères.

Par contre, toute action traumatique venant à altérer des cellules, tout trouble glandulaire ou toute affection généralisée microbienne, toxique ou médicamenteuse, ayant un retentissement sur la sécrétion lactée et agissant comme substance irritante sur la glande mammaire, provoquera une réaction plus ou moins prononcée, suivie d'une desquamation et d'une élimination cellulaire plus ou moins intense.

Si l'on ajoute à ces faits que les polynucléaires, riches également en peroxydases, ont leur nombre considérablement augmenté dans beaucoup d'affections, principalement aiguës, soit localisées à la glande, soit généralisées; enfin si l'on admet, comme nous le verrons, dans une prochaine Note, que certains bacilles de la flore du lait sécrètent des peroxydases, on comprendra que ces enzymes seront d'autant plus abondants que le lait proviendra d'un animal anormal. Enfin, les peroxydases étant contenues dans les cellules, il s'ensuivra que la réaction doit être d'autant plus forte qu'elle portera sur le culot de centrifugation.

Prétendre que le lait doit à ses ferments, tout au moins à ses peroxydases, quelques-unes de ses qualités, dont sa grande digestibilité, c'est accréditer auprès du consommateur des laits parfois malades.

En résumé, un lait sain peut ne pas contenir de peroxydases; un lait malade doit en contenir.

2° Les peroxydases sont détruites par la chaleur à partir de 78° à 80°. Leur recherche semble donc conserver toute la valeur d'indication d'un lait cru.

Mais ne peut-on simuler la crudité d'un lait ? Fort bien et même involontairement. Les cellules végétales et plus particulièrement celles des rhizomes, des tubercules et des racines charnues des plantes contiennent en proportion parfois fort grande des peroxydases. La pomme de terre donne des réactions intenses; l'herbe verte, les graines de soja, les petits pois, surtout au début de leur germination, les tiges de maïs, etc., en renferment également en abondance.

Nous ne parlerons pas ici des peroxydases contenues dans les liquides de l'organisme (salive, etc.) ou dans certains microbes.

On voit donc la facilité de la fraude et de la difficulté qu'il y aurait à la déceler.

Pour nous résumer, nous dirons :

La réaction des peroxydases ne permet point de juger de la qualité d'un lait; des laits sains peuvent contenir très peu de peroxydases, tandis que des laits provenant de mamelles malades peuvent en renfermer abondamment.

Une réaction positive indique que le lait est cru, mais il est facile de faire apparaître cette réaction par l'adjonction, à des laits chauffés, de tissus ou de liquides organiques frais, d'origine animale ou végétale diverse et de composition variée.

PHYSIOLOGIE. — *La suppression du choc anaphylactique.* Note [1] de MM. **W. Kopaczevski** et **A. Vahram**, présentée par M. Roux.

Les recherches sur la nature du choc anaphylatoxique, entreprises en 1913, nous ont amenés à la conception purement physique de ce phénomène, savoir l'introduction des suspensions ou des gels colloïdaux dans le sérum produit une rupture d'équilibre micellaire qui se traduit par une floculation colloïdale et l'obstruction des capillaires provoque la mort par l'asphyxie.

Cette conception a été confirmée par nos expériences sur la formation des agrégats micellaires dans le sérum toxique, sur les modifications de la tension superficielle et de la charge électrique de ces sérums, et, enfin, par la suppression du choc anaphylatoxique, en diminuant la tension superficielle avant le traitement par les suspensions ou les gels colloïdaux susceptibles de rendre le sérum toxique [2].

En présence de l'analogie frappante entre le choc anaphylatoxique et l'anaphylaxie spécifique, nous nous sommes demandé si par le même procédé on ne pourrait pas supprimer les accidents anaphylactiques provoqués par l'injection déchaînante.

Un lot de cobayes, d'un poids de 300^g à 450^g, a reçu une injection hypodermique préparante de $0^{cm^3},001$ du sérum antidiphtérique (Institut Pasteur); 26 jours après, une seconde injection hypodermique de $0^{cm^3},2$ de ce sérum, déclanchait des accidents anaphylactiques caractéristiques et assez graves, mais qui n'ont pas été suivis de mort.

Si cette injection déchaînante avait été précédée, 10 minutes avant, par l'injection intrajugulaire de 2^{cm^3} à 3^{cm^3} d'oléate de soude à 1 pour 100, tous les accidents anaphylactiques graves (convulsions, secousses, dyspnée, etc.) étaient supprimés, à peine un léger abaissement de température et un peu de paralysie étaient notés.

---

[1] Séance du 28 juillet 1919.

[2] W. Kopaczevski, *C. R. Soc. Biol.*, vol. 85, 1919, p. 189 et 590. — W. Kopaczevski et Mutermistch, *Ibid.*, vol. 76, 1914, p. 782, et vol. 77, p. 392.

Pour accentuer le choc anaphylactique nous avons fait la première injection de $0^{cm^3},01$ du sérum antidiphtérique dans la veine jugulaire; alors 24 jours après, la dose déchaînante, $0^{cm^3},3$, provoquait la mort caractéristique en 2 à 3 minutes.

En injectant dans la veine jugulaire une dose convenable d'oléate de soude 5 minutes avant l'action déchaînante, on supprime nettement les accidents anaphylactiques graves.

Voici, à titre documentaire, une série de ces expériences :

1. Cobaye (625^g) : 1^{cm^3} d'oléate de soude à 1 pour 100 (suivi, 5 minutes après, de $0^{cm^3},5$ de sérum antidiphtérique). Mort en 2 minutes.

2. Cobaye (670^g) : $1^{cm^3},50$ d'oléate de soude à 1 pour 100 (etc.). Mort en 2 minutes.

3. Cobaye (640^g) : 3^{cm^3} d'oléate de soude à 1 pour 100 (etc.). Un peu d'inquiétude; quelques secousses de diaphragme. $T = 42°,3$, 10 minutes après l'injection.

4. Cobaye (680^g) : 5^{cm^3} d'oléate de soude à 1 pour 100 (etc.). Quelques tremblements. Pas d'autres symptômes. $T = 38°,7$, 15 minutes après l'injection.

5. Cobaye (700^g) : $0^{cm^3},75$ d'oléate de soude à 2 pour 100 (etc.). Quelques secousses assez marquées; survie. $T = 41°,0$, 10 minutes après l'injection.

6. Cobaye (800^g) : 1^{cm^3} d'oléate de soude à 1 pour 100 (etc.). Quelques secousses; polypnée; un peu de faiblesse. $T = 39°,2$, 10 minutes après l'injection.

7. Cobaye (675^g) : $1^{cm^3},25$ d'oléate de soude à 2 pour 100 (etc.). Dyspnée; tremblements. $T = 38°,3$, 10 minutes après l'injection.

8. Cobaye (720^g) : $1^{cm^3},5$ d'oléate de soude à 2 pour 100 (etc.). Rien d'appréciable.

Les mêmes résultats ont été obtenus avec la solution de saponine de 0,5 pour 100.

Ces substances injectées dans les veines des cobayes à des doses correspondantes ($0^{gr},03$ à $0^{gr},05$) n'ont pas provoqué de symptomes appréciables; à peine quelques légers tics de la tête ont été observés; pour amener la mort du cobaye, l'injection de $0^{gr},3$ d'oléate de soude est nécessaire. Toutefois, étant données les propriétés hémolytiques très marquées des savons et de la saponine, et d'autre part la sensibilité de l'organisme vis-à-vis de ces substances étant sujette à des variations importantes, il nous a paru intéressant de nous servir de sels d'acides biliaires : taurocholate et glycocholate de soude.

Avec ces substances à des doses de 1^{cm^3} d'une solution à 1 pour 100, nous avons également supprimé les accidents anaphylactiques graves. Injectées

dans les veines à des doses employées, ces substances n'ont pas provoqué d'accidents; mais à la dose de $0^{gr},45$ elles causent la mort rapide.

Aucune parenté chimique n'existe entre ces diverses substances — leur caractère commun est d'abaisser la tension superficielle; ce facteur semble donc à lui seul jouer un rôle notable dans la production du choc.

Les résultats obtenus permettent d'entrevoir la possibilité de suppression des accidents anaphylactiques chez l'homme, de la maladie sérique, de la réaction à la tuberculine, etc...

Mais, dès à présent, il semble démontré que le choc anaphylactique, ainsi que tous les chocs observés à la suite d'introduction dans l'appareil circulatoire des substances étrangères : gels et suspensions colloïdales, peptone, microbes en suspension, etc.., sont dus à des phénomènes physiques, s'accomplissant entre les colloïdes et régis par les lois des réactions colloïdales.

PHYSIOLOGIE. — *Force élastique des poumons malades.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

On a montré précédemment [1] que le fonctionnement normal de l'appareil respiratoire est régi par le *coefficient hématopnéique* K. Celui-ci relie et conditionne la fréquence, l'amplitude et le rythme des respirations. Mais quelle est la part, dans ces phénoménes, de l'*élasticité des poumons ?*

L'objet de cette Note est de prouver que cette élasticité n'est pas *seule* en jeu dans l'expiration, qu'il s'y ajoute une *action nerveuse* comme l'avait soutenu magistralement d'Arsonval, en 1877 (Thèse de Paris). En outre, la force élastique s'affaiblit dans les maladies pulmonaires, et parfois disparaît totalement.

Cette double démonstration, nous l'avons faite par l'enregistrement graphique des courbes de pression de l'air inspiré et expiré, des *tonogrammes*. On a utilisé notre dispositif à soupape respiratoire avec dérivation sur tambour inscripteur. Des tubes de caoutchouc permettent, de plus, de créer une résistance, une gêne, à l'inspiration ou à l'expiration, ou d'intercaler un manomètre avec petite colonne d'eau en vue de simuler des conditions pathologiques. Enfin, plaçant des poumons d'agneau sous une cloche

---

(1) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. **168**, avril à juin 1919.

fermée par une forte membrane de caoutchouc, et qui reçoivent l'air par une canule trachéale dérivée sur un tambour, on a reproduit *artificiellement* quelques-uns des résultats qui vont être relatés.

1° RESPIRATION NORMALE. — Dans la respiration de l'homme sain, on constate que le rapport entre les durées de l'expiration et de l'inspiration, ou par abréviation $\frac{E}{I}$, se trouve compris entre 1,70 et 2. Ce rapport *diminue* lorsqu'on fait un exercice quelconque; il tend vers 1,20, et même 1,10 par les progrès de la fatigue.

L'inspiration, en s'amplifiant, gagne donc sur l'expiration; le système nerveux, obéissant au *besoin d'oxygène*, impose sa loi au rythme pulmonaire. Si, même, on voulait faire provision d'oxygène en respirant lentement et profondément (9 fois par minute), le rapport $\frac{E}{I}$ descendrait à 0,62.

Si, au contraire, on faisait respirer de l'air confiné (3 à 5 pour 100 de gaz carbonique), on verrait l'expiration *se prolonger* pour vider complètement les poumons, et la valeur de $\frac{E}{I}$ atteindrait 1,75 à 1,90.

Il est évident que le chimisme respiratoire, s'exerçant par le bulbe, commande le rythme et la force élastique des poumons; *ce n'est point là simple réaction physique d'élasticité.*

2° RESPIRATION PATHOLOGIQUE. — Mais dans un grand nombre de maladies pulmonaires, les propriétés élastiques sont compromises, et l'on observe des tonogrammes caractéristiques :

a. Les *tuberculeux* ont une grande fréquence respiratoire, c'est-à-dire de la dyspnée; les tonogrammes sont peu profonds, et marqués d'un *ressaut initial*; $\frac{E}{I}$ varie de 1,20 (repos) à 1,50 (après fatigue).

Ici, la surface respirante est réduite; la partie qui se dilate encore n'a pas tout à fait perdu sa force élastique, mais cette dernière agit sur une colonne d'air mêlée de sérosités. D'où le ressaut expiratoire, la dyspnée et la faible amplitude.

Chose intéressante, l'élasticité mal soutenue du tuberculeux peut être renforcée de l'action nerveuse si le malade respire un air confiné : ses expirations prennent un aspect normal. Et ceci n'est pas moins en faveur de la doctrine de *l'expiration active.*

b. Les *prétuberculeux* (notamment les *gazés*) ne se distinguent des tuberculeux que par une profondeur plus accusée des tonogrammes, et une moindre fréquence. Les plateaux expiratoires sont légèrement descendants, et trahissent une force élastique fatiguée.

c. Les traits de *l'emphysème* sont autres. Le rapport $\frac{E}{I}$ varie entre 1,30 et 1,40 ; les tonogrammes sont profonds, assez fréquents, et à plateaux mamelonnés.

L'explication en est simple. Si l'on crée une résistance à l'entrée de l'air dans la soupape en écrasant le tube d'adduction, on approfondit beaucoup la respiration. Mais cet artifice ne modifie ni le rythme ni la régularité des tonogrammes. Tandis que, chez l'emphysémateux, la résistance siège aux alvéoles dont l'élasticité s'est effacée, ne réagit plus pour amortir le choc de l'air ; aussi les expirations sont-elles brusques et à plateaux ondulés (par les chocs de la colonne d'air).

d. On a examiné, en dernier lieu, les cas de *surmenage* et d'*intoxication carbonique*, et reconnu que l'expiration y est toujours prolongée; $\frac{E}{I}$ passe de 1,50 à 1,90, c'est-à-dire qu'il augmente comme dans un état pathologique.

Mais aucun accident ne signale les tonogrammes, dont l'amplitude est moyenne, et la fréquence *inférieure* à ce qu'elle était au repos. Cet abaissement du taux des respirations, sous l'effet du gaz carbonique, est particulièrement marqué chez les tuberculeux.

L'élasticité pulmonaire obéit donc, dans toutes les circonstances étudiées, à l'intervention des nerfs pneumogastriques, plus exactement au chimisme du milieu bulbaire irrigué par le sang.

Conclusions. — *Ainsi, on doit voir dans l'élasticité des poumons une propriété inséparable de la contractilité; toutes deux sont en jeu dans l'inspiration et l'expiration. Elle est un instrument dont la fonction d'hématose règle l'emploi, par l'agent nerveux, pour assurer la défense de l'organisme. Elle est plus ou moins compromise dans les maladies alvéolaires, et permet de les caractériser par des signes constants.*

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Nouvelles recherches sur la présence d'organismes vivants dans les cellules des glandes génitales mâles (microbiose, parasitisme normal ou accidentel).* Note de M. V. **Galippe**, présentée par M. Yves Delage.

Mes premières recherches sur cette question datent de 1890. C'est en 1891 que j'en ai fait connaître le résultat global à la *Société de Biologie*. A cette époque je ne connaissais qu'imparfaitement les manifestations normales de la *microbiose* et mes expériences furent souvent de trop courte durée. Quoi qu'il en soit elles fournirent des résultats positifs. Ces résultats, étant données les idées qui régnaient alors dans la Science, furent accueillis avec un septicisme presque unanime, tellement ils étaient en contradiction avec le dogme quasi intangible de l'inexistence, dans les tissus normaux, d'organismes vivants. Depuis les idées se sont modifiées. On a décrit sous le nom de *mitochondries* dans tous les tissus vivants et en particulier dans les glandes génitales, des organismes remplissant des fonctions biologiques diverses et que je considère comme très voisins, sinon comme identiques aux *microzymas* de Béchamp.

Ces organismes sont cultivables et l'on peut, ainsi que je l'ai fait, suivre leur évolution. Mes expériences avaient porté sur des chiens d'âge et d'espèces variés; sur des boucs, des béliers, des agneaux, des chevaux et sur le veau. Comme conclusion de mes expériences, je considérais qu'en raison de la présence dans le testicule et dans le sperme de microrganismes vivants, parmi lesquels il pouvait s'en trouver d'anormaux, la colonisation de l'ovule pouvait se faire en même temps que la fécondation; en un mot, que le spermatozoïde ne pénétrait pas seul dans l'ovule et qu'il avait des satellites. J'expliquais par ce mécanisme la possibilité de la transmission directe de certaines maladies parasitaires.

La constance des résultats positifs fournis par mes expériences, ainsi que des confirmations nouvelles, ont corroboré mon opinion.

Comme je l'ai indiqué, c'étaient surtout de grands Mammifères qui m'avaient fourni les matériaux de mes expériences; mais, si comme je le soutiens, la *microbiose* est un fait général, s'appliquant à tous les êtres et à tous les tissus vivants, je devais obtenir des résultats identiques en m'adressant à des Vertébrés inférieurs.

Grâce au concours de mon ami M. le professeur Y. Delage, dans le laboratoire duquel ces expériences ont été réalisées, j'ai fait porter mes recherches sur un certain nombre d'animaux très éloignés de ceux sur lesquels j'avais fait mes premières expériences. Je citerai la Grenouille, le Triton (*Triton cristatus*); la Tanche, le *Scyllium canicula*, la Raie (*Raia punctata*), etc. (1).

Les résultats obtenus se sont montrés d'une rare constance et d'une grande uniformité. Ils n'ont varié que dans le temps pris par les *microzymas* pour évoluer et donner naissance à différentes formes de microrganismes.

Les examens successifs des cultures nous ont toujours permis d'assister à la même série d'évolutions des organismes vivants intra-cellulaires: organisation des *microzymas* en microcoques isolés ou associés, transformation de ceux-ci en bacilles ovoïdes. Ces bacilles ovoïdes peuvent ou non évoluer en diplo-bacilles également ovoïdes et donner naissance à des bâtonnets isolés ou associés deux à deux. Ces bâtonnets qui, dès leur apparition, fixent fortement la matière colorante, perdent progressivement cette propriété et laissent voir, dans leur intérieur, des *microzymas* doués de mouvements et fortement colorés. Ceux-ci deviennent libres à leur tour et prennent la forme de microcoques ou de bacilles ovoïdes. Enfin, on rencontre fréquemment dans les cultures des organismes de dimensions plus considérables affectant la forme de gros bâtonnets ou de bacilles ovoïdes que nous rapprochons de certaines formes mitochondriales. Comme les bâtonnets, ces organismes qui, tout d'abord, fixaient fortement la matière colorante, perdent aussi progressivement cette propriété et laissent voir, dans leur intérieur, des *microzymas* qui, d'abord immobiles, acquièrent peu à peu la faculté d'exécuter des mouvements étendus. Ils sont fortement colorés et finissent par être libérés sous forme de microcoques ou de bacilles ovoïdes.

Les phénomènes dus à la *microbiose*, observés dans les cultures des glandes génitales mâles appartenant à des animaux de même espèce ou d'espèces différentes, sont absolument comparables et, en quelque sorte, superposables. Ils se succèdent dans le même ordre. Seule l'intervention du parasitisme individuel ou accidentel, qu'il soit normal ou pathologique, peut apporter une note particulière dans l'évolution de la *microbiose*. C'est ainsi que nous avons rencontré dans le testicule de la Raie des parasites de

---

(1) Ces expériences ont été faites avec la collaboration de M. G. Souffland.

grande taille appartenant au genre Echinorynque doués de vie et de mouvements.

L'examen direct des tissus de la glande après dilacération et coloration permet d'y constater la présence de *microzymas* isolés, associés deux à deux ou en chaînettes plus ou moins longues; de bacilles ou de diplobacilles ovoïdes ne fixant pas la matière colorante et généralement doués de mouvements.

Parfois aussi, on y rencontre des bâtonnets en plus ou moins grand nombre. Il nous est impossible de dire si ces microorganismes résultent de l'évolution *in situ* de la *microbiose*, c'est-à-dire de l'évolution des bacilles ovoïdes en bâtonnets, ou s'ils sont étrangers à la glande dans laquelle ils auraient été apportés par la circulation. Il résulte de ces expériences que la *microbiose*, ainsi que le *parasitisme normal ou accidentel*, jouent un rôle prépondérant dans la fécondation, envisagée aussi bien au point de vue normal qu'au point de vue pathologique. On retrouve en effet des *microzymas*, facteurs de la *microbiose*, dans les spermatozoïdes ainsi que dans le liquide spermatique. Ces derniers peuvent pénétrer dans l'ovule en même temps que le spermatozoïde pendant l'acte de la fécondation, y rencontrer ceux que cet organe renferme normalement et entrer en combinaison avec eux. On les retrouve encore, ainsi que je l'ai constaté, dans les embryons et dans tous les organes et les tissus des êtres vivants.

Leur rôle dans l'hérédité normale et dans l'hérédité pathologique n'est pas moins important. On peut, en effet, considérer les *microzymas* comme les agents et les supports des caractères héréditaires généraux et individuels, qu'ils proviennent de l'ovule ou du spermatozoïde. Non seulement ils sont les agents constructeurs de l'embryon, mais encore, dans celui-ci, les représentants de l'hérédité maternelle et paternelle. Ce sont les *microzymas* de l'œuf qui constituent l'élément indispensable à la conservation et à la propagation de l'espèce, aussi bien au point de vue des caractères généraux de celle-ci qu'au point de vue de l'hérédité individuelle et maternelle. La parthénogénèse en est une preuve évidente. Ainsi que l'a dit, en 1908, M. le professeur Y. Delage : « L'œuf est un mécanisme monté, apte à parcourir de lui-même, sous l'influence de ses facteurs internes, tout son cycle évolutif, si on lui fournit seulement les conditions ambiantes, qui sont passablement banales. Il suffit de déclencher le mécanisme en forçant la cellule à faire les premiers pas vers la division pour qu'elle achève ensuite de parcourir toute la route. »

Le rôle du spermatozoïde et de ses satellites assurant à la fois l'hérédité individuelle et paternelle est beaucoup moins important.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MAI 1919 (*suite et fin*).

Aperçu sommaire sur les roches éruptives des Alpes françaises, par W. KILIAN et J. RÉVIL. Grenoble, Allier, 1919; 1 fasc. 25cm.

La sélection humaine, par CHARLES RICHET. Paris, Félix Alcan, 1919; 1 vol. 25cm.

Ministère des Travaux publics. *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. Étude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye*, par JACQUES DE LAPPARENT. Paris, Imprimerie nationale, 1918; 1 vol. 33cm. (Présenté par M. Termier.)

Études régionales. Nomenclature des richesses minières du département du Var, par JOSEPH GIRARD. Draguignan, Olivier-Joulian, 1919; 1 fasc. 19cm.

La surchauffe de la vapeur, ses avantages, par l'INSTITUT SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL, 2e édition. Paris, 1914; 1 fasc. 24cm.

Où vont les millions que dépensent chaque année les collectionneurs de papillons, par G. MELOU. Tananarive, Imprimerie de l'Imerina, 1918; 1 fasc. 23cm.

Régime politique et administratif dans la Pologne prussienne. IVe volume. 1er fascicule de l'*Encyclopédie polonaise*. Fribourg-Lausanne, 1918; 1 vol. 26cm.

Report on the progress of agriculture in India for 1917-1918. Calcutta, Superintendent government Printing, 1919; 1 vol. 25cm.

Cosmogenea y teodicea, par BERMUDEZ DE IXHUACAN. Vera-Cruz, Zamora, 1916; 1 vol. 21cm.

ERRATA.

(Séance du 19 mai 1919.)

Note de M. *Graham Lusk*, Calorimétrie comparée de l'ingestion de viande, d'acide lactique et d'alanine chez l'animal :

Page 1014, lignes 5 et 17 en remontant, *au lieu de* 500, *lire* 150; ligne 14 en remontant, *au lieu de* 43, *lire* 42; ligne 19 en remontant, *au lieu de* 18,9, *lire* 19,0.

(Séance du 7 juillet 1919.)

Note de M. *S. Posternak*, Sur la constitution du principe phosphoorganique de réserve des plantes vertes :

Page 39, ligne 9, *après les mots* dans une semblable solution, *ajouter* à 12 pour 100.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AOUT 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Sur une scapolite des pegmatites de Madagascar constituant une gemme.* Note de M. **A. Lacroix**.

Parmi les faits intéressants mis en évidence par l'étude de la minéralogie de Madagascar, il en est peu qui soient plus imprévus que la découverte de plusieurs minéraux, communs ou rares, entrant dans la constitution de roches granitiques et qui, au lieu de se présenter avec l'opacité plus ou moins grande qu'ils possèdent partout ailleurs, se trouvent dans la Grande Ile en cristaux transparents et tellement limpides qu'ils peuvent être utilisés comme gemmes quand, par ailleurs, leur dureté est suffisante. Cet état d'exceptionnelle pureté permet en outre de préciser certaines propriétés de ces minéraux. Je rappellerai à cet égard l'orthose jaune d'or foncé, le diopside vert sombre, la kornerupine d'un vert olivâtre clair d'Itrongahy et aussi la danburite jaune topaze de Maharitra et d'Imalo que j'ai signalés antérieurement. Je me propose de décrire ici une *scapolite* jaune qui présente la même particularité.

Aux premiers échantillons que je dois à MM. Boissier et Vielle-Kœchlin, sont venus se joindre ceux que M. Rasamoël a recueillis en place.

Ce minéral forme des cristaux allongés suivant l'axe vertical et dont quelques-uns atteignent plusieurs centimètres de longueur. Ce sont des prismes quadratiques, à faces creusées de profonds sillons longitudinaux. Ils sont dépourvus de sommets, mais quelques-uns paraissent avoir été basés; toutefois, les faces terminales sont remplacées par une série de surfaces coniques, lisses et brillantes, rappelant celles que j'ai décrites dans le

béryl de Sahanivotry, sous la réserve qu'il n'y existe aucun plan mesurable.

La cassure est conchoïdale et fait penser à celle de la gomme arabique. La coloration est jaune, avec un faible polychroïsme sous une épaisseur de 5^{mm}; à travers les faces prismatiques, les cristaux sont d'un jaune pâle, tandis que la couleur est d'un jaune un peu rougeâtre foncé suivant l'axe vertical ([1]). Le minéral est uniaxe et optiquement négatif.

Les indices de réfraction ont été mesurés par mon assistant, M. P. Gaubert, par la méthode de la réflexion totale.

	n_g.	n_p.	$n_g - n_p$.
B	1,5653	1,5452	0,0201
C	1,5665	1,5459	0,0206
D	1,5698	1,5490	0,0208
E	1,5749	1,5530	0,0219

La densité est de 2,67; la dureté de 6,5.

Le minéral fond facilement au chalumeau, en se boursouflant et en colorant la flamme en jaune; il est à peine attaqué par l'acide chlorhydrique.

Ces propriétés physiques, de même que la composition chimique, montrent qu'il s'agit d'une scapolite; je me propose de discuter ailleurs la place qu'elle occupe dans la famille des wernérites.

On sait que M. Tschermak a montré que les wernérites sont constituées par des mélanges isomorphes, en proportions variables, de marialite et de méionite; j'ai moi-même fait voir ([2]) qu'il existe une relation entre la valeur des indices de réfraction et de la biréfringence et les proportions de ces deux constituants; cette relation a été précisée depuis lors par M. Himmelbauer ([3]) et par M. Nils Sundius ([4]).

M. Tschermak attribuait la formule suivante à la marialite :

$$3\,NaAlSi^3O^8 . NaCl,$$

et à la méionite :

$$3\,CaAl^2Si^2O^8 . CaO.$$

([1]) L'absorption est donc plus grande suivant n_p que suivant n_g. Le polychroïsme avait été signalé par Haidinger (*Sitzunsber. Akad. Wissensch., Wien*, t. **13**, 1854, p. 16) dans la scapolite bleue (glaucolite) du lac Baikal sans indication du sens du maximum d'absorption; j'ai vérifié que la loi en est la même que pour la scapolite jaune.

([2]) *Bull. Soc. franç. Minér.*, t. **12**, 1889, p. 357.

([3]) *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien.*, t. **119**, 1910, p. 115.

([4]) *Bull. geol. Instit. of Upsala*, t. **15**, 1916.

Tout récemment, M. Borgström a prouvé ([1]) que, dans certaines marialites, une partie du NaCl peut être remplacée par du Na^2SO^4 [le type essentiellement sulfaté du lac de Laach a été appelé *silvialite* par M. Brauns ([2])], alors que dans la méionite, le terme CaO de la formule de M. Tschermak doit être remplacé par $CaCO^3$ ou $CaSO^4$.

La pureté exceptionnelle de la scapolite de Madagascar rendait intéressante la vérification de ces données nouvelles; elle ne contient pas de SO^3, mais, par contre, elle renferme de 2,52 à 2,71 pour 100 de CO^2, qui peut être mis en évidence en attaquant par HFl le minéral qui se dissout avec effervescence en dégageant CO^2.

La scapolite malgache présente trois particularités chimiques nouvelles pour ce minéral; elle renferme non seulement du chlore (1,59 pour 100), mais encore une petite quantité de fluor (0,37 pour 100) et de strontiane ([3]) (0,09 pour 100); enfin elle est ferrifère et, à ce point de vue, elle peut être comparée à l'orthose jaune d'Itrongahy. Le fer existe surtout à l'état ferreux (FeO 0,90, Fe^2O^3 0,11), tandis que dans ce feldspath il se trouve à l'état ferrique; c'est peut-être à cette particularité qu'est due la différence de nuance de la teinte jaune dans les deux minéraux, le polychroïsme dans un cas, l'absence de polychroïsme dans l'autre.

Tandis que toutes les scapolites connues présentent des clivages interrompus suivant $h^1(100)$ et $m(110)$, celle qui nous occupe n'en possède point; il est donc vraisemblable qu'il ne faut pas parler de véritables clivages dans la scapolite, mais de plans de séparation, en rapport avec un commencement d'altération.

Enfin, c'est aussi à l'état de pureté parfaite qu'est dû le degré de dureté, supérieur à celui qui est considéré comme caractéristique des scapolites (6,5 au lieu d'intermédiaire entre 5 et 6).

La scapolite en question peut fournir des gemmes de plusieurs grammes, d'une limpidité et d'une perfection irréprochables; une fois taillée, la pierre présente une grande ressemblance avec certains béryls, aussi est-il opportun d'indiquer les caractères physiques qui permettent de distinguer ces minéraux, tous deux uniaxes et optiquement négatifs, caractères diffé-

---

([1]) *Zeitsch. f. Kryst.*, t. 54, 1914, p. 54.

([2]) *N. Jahrb. f. min. B.B.*, 1914, p. 39-71.

([3]) Mon attention a été appelée sur le strontium par mon confrère M. A. de Gramont, qui a bien voulu examiner mon minéral par son procédé spectroscopique des sels fondus. C'est le seul élément rare que cet examen ait révélé.

rentiels qui seront à inscrire dans les tableaux de diagnostic des Traités sur les pierres précieuses.

La densité 2,67 se trouve à la limite inférieure de celle des béryls; l'indice maximum est extrêmement voisin de la valeur la plus faible qui ait été constatée pour le plus grand indice des béryls les plus légers de Madagascar, mais, par contre, l'indice minimum est beaucoup plus faible que dans ces minéraux, la biréfringence étant plus de deux fois supérieure à celle des béryls. La direction du maximum d'absorption est inverse dans les deux minéraux. Enfin la scapolite est moins dure (6,5) que le béryl (7,5), puisqu'elle est rayée par le quartz au lieu de le rayer.

Il reste à indiquer le gisement de ce minéral. Les scapolites se rencontrent d'ordinaire dans les roches métamorphiques et particulièrement dans celles résultant de la transformation de calcaires. Tout autre est le gisement de la substance qui nous occupe; elle fait partie d'une pegmatite potassique exploitée pour béryl à l'est d'Ankazobé, à Tsarasaotra, sur la rive droite de la Tsibohaina, affluent de gauche de la haute Betsiboka; elle est accompagnée d'euxénite et de monazite.

Les phénomènes de corrosion signalés plus haut sont du même ordre que ceux présentés par le béryl, le triphane, la danburite, la hambergite, trouvés en cristaux limpides au milieu du kaolin des pegmatites de Madagascar; l'observation montre que dans ce pays tropical tous ces minéraux peuvent se transformer complètement en un silicate d'aluminium très pur, sans passer par des stades intermédiaires de décomposition.

ASTRONOMIE. — *L'Observatoire du collège Mazarin, aujourd'hui palais de l'Institut.* Note [1] de M. G. **Bigourdan.**

Cet Observatoire est un de ceux qui, au XVIIIe siècle, ont le plus contribué aux progrès de l'Astronomie; et, par l'importance des travaux, il occupe incontestablement le premier rang parmi les observatoires français contemporains. Cependant il est aujourd'hui si oublié que la plupart des ouvrages consacrés à l'Institut ou à son palais négligent de le citer.

Son histoire se confond en grande partie avec celle de la vie, à la fois

---

[1] Séance du 7 juillet 1919.

bien courte et extrêmement remplie de son fondateur, l'abbé de La Caille [1]. Celui-ci avait commencé de s'exercer à l'Observatoire royal depuis trois années environ, quand, en 1740, il fut nommé professeur de Mathématiques au collége Mazarin, où il n'existait encore aucun local propre aux observations, ainsi que le dit La Caille en rapportant celles de la comète 1742 I (*Mém. Acad.*, 1742, p. 315). Mais la même année, l'administration du collége lui fit bâtir une tour spéciale, où il transporta ses instruments le 10 juin 1742.

Quelques années après, cette tour se trouva trop petite, et on lui construisit un autre observatoire qui lui survécut longtemps.

Premier observatoire (1742). — D'après l'expression laconique de La Caille (*Mém. Acad.*, 1743, p. 159), c'était « *une petite tour bâtie exprès sur des voûtes très solides à côté du dôme de la Chapelle* ». Il se loue (p. 160) de la grande stabilité de cet observatoire; mais plus tard, quand cette tour fut devenue trop

(1) *Nicolas-Louis de* La Caille (Rumigny, près de Rosoy-en-Thiérache, 1713 mars 15 — † Paris, 1762 mars 21), après avoir terminé ses études classiques se tourna par goût vers l'astronomie, qu'il étudia sans maître, sans instruments, presque sans livres. Dès la fin de 1736 il était admis à l'Observatoire royal; en 1738 il collaborait avec Maraldi au levé des côtes de France, de Bayonne à Nantes; et en 1739 il accompagna Cassini de Thury pour la vérification de la méridienne de France, ou plutôt il fit à peu près seul tout le travail, comme l'a montré Delambre (*Base du Syst. mét.*, III, p. 482).

Cette vérification n'était pas terminée quand, en 1740, La Caille fut nommé à la chaire de Mathématiques du collége Mazarin, occupée autrefois par Varignon. Le 3 mai 1741 il fut élu membre de l'Académie des Sciences comme Adjoint astronome, et il passa Associé le 10 avril 1745. En 1751 il entreprit le voyage du Cap de Bonne-Espérance pour déterminer le parallaxe de la Lune et fixer les positions des étoiles australes brillantes.

Sur la vie et les travaux de La Caille on peut consulter ses *Éloges* par de Fouchy (*Mém. Acad.*, 1762, p. 197-212), — par J.-S. Bailly, — par Gab. Brotier (avec le catalogue de ses travaux), — par Carlier, — par Arago (*Œuvres*, III, p. 375-381), — par M. Doublet.

Voir aussi Bailly, *Hist. Astr. Mod.*, III, 99; — Delambre, *Hist. Astr.*, VI, p. 457-542, et *Mesure de la Terre*.

Les principaux Ouvrages de La Caille sont :

Éphémérides, t. IV-VI, 3 vol. in-4°, allant de 1745 à 1775.

Astronomiæ fundamenta, 1757, in-4°.

Tabulæ Solares, 1758, in-4°.

Cœlum australe stelliferum, édité par Maraldi, 1763, in-4°.

Ses papiers et registres manuscrits sont à l'Observatoire de Paris (C.3, 1-48); on trouve également quelques travaux de lui dans A.1, 10, A.2, 6-7, B.5, 7 et C.2, 8.

petite (*Mém. Acad.*, 1750, p. 496), il ajoute qu'elle était trop susceptible aux variations de température, par suite du peu d'épaisseur des murs et du toit.

Nous ne connaissons pas les dimensions de cette tour. Quant à sa position précise, voici quelques indications. Au 30 juin 1744 il écrit :

Ayant mis l'axe du pied de mon Q.D.C. au centre de la Tour, j'ay observé que la tige de fer qui porte le coq du petit clocher étoit, par rapport au limbe, dans un azimut de 71°.7', et qu'ainsi Arcturus devoit passer dans cet azimut $3^h 12' \frac{1}{2}$ avant que de passer au méridien, et être alors à la hauteur de 42°.26'.

Et au 4 mai 1747 il rapporte des *Observations des parties du Dome qui empechent la vüe du coté du Nord :* les parties verticales du cylindre qui porte le dôme correspondent aux azimuts respectifs de 27° NO et 42° NE. En outre, le sommet de la lucarne occidentale du dôme qui, du point d'observation, se profile sur le ciel correspond à l'azimut 2° NE.

Le 8 mai 1748, à propos de la comète 1748 I, il dit (C.3, 19) :

J'ai attendu en vain toute la nuit que la comète sortit de derrière le Dôme de la chapelle qui est au nord de la tour où j'observe. C'est pourquoi j'ai transporté dans l'antichambre de la salle du Conseil la machine parallactique et la pendule de Thiout.

Et c'est dans cette antichambre qu'il observe la comète jusqu'au 20 mai inclus. Fut-il mécontent de ces observations, ainsi faites dans des conditions défavorables ? Du moins, il ne paraît pas les avoir publiées.

Enfin, dans *Mém. Acad.*, 1743, p. 159, il dit :

Suivant quelques opérations géométriques que j'ai faites, le milieu de cette tour est éloigné de 17 toises à l'Orient de la méridienne de l'Observatoire, et elle est à 1189 toises $\frac{1}{2}$ plus au nord, qui valent 1'15".

Or la Table T_2 (n° 88), basée sur des observations postérieures de La Caille, donne pour le collége Mazarin (évidemment la lanterne du dôme), $16^T,3$ E, et $1192^T,8$ N, ce qui présente une certaine discordance. Probablement les nombres de la Table T_2 doivent être préférés.

Second observatoire (1748). — Les difficultés rencontrées dans l'observation de la comète 1748 I décidèrent peut-être l'amélioration de l'Observatoire. En tout cas, on lit dans le journal de La Caille (C.3, 19), après le 11 septembre 1748 :

Pendant les mois d'octobre et novembre [1748], j'ai été principalement occupé à faire construire un batiment plus commode pour mes observations. Il est sur la voûte du coin occidental et méridien de la chapelle, au-dessus du mausolée du cardinal Mazarin. Les observations suivantes ont été faites en cet endroit.

Dans *Mém. Acad.*, 1752, p. 496, on dit qu'il est assis *sur l'angle qui joint la face méridionale de la chapelle... avec la face occidentale... au-dessus des voûtes.*

Le nouvel établissement fit-il supprimer la tour de 1742? On ne le dit point, mais cela paraît très probable.

Ce nouvel observatoire se compose ainsi de deux salles :

1° Une de $14^{pi} \times 10^{pi}$ ($4^m,5 \times 3^m,2$), entourée de murs épais de plus de $2^{pi}\frac{1}{2}$ et couverte par une terrasse de 18^{pi} d'épaisseur. Au milieu de cette terrasse on avait pratiqué une ouverture circulaire de 6^{pi} de diamètre, couverte par un toit conique suspendu à une forte potence extérieure en fer; ce toit était percé d'une trappe qui ainsi pouvait être dirigée dans tous les verticaux. C'est sous ce toit qu'on prenait les hauteurs correspondantes, avec un quart de cercle placé sur une pierre de taille très dure, formant un pilier de 3^{pi} en tous sens.

2° Une autre salle, placée à côté, de $15^{pi} \times 15^{pi}$ ($4^m,9 \times 4^m,9$ environ), « destinée à servir de décharge et à placer un lit ». Après son retour du Cap (1754), La Caille fit pratiquer dans son toit une trappe méridienne sous laquelle il plaça le sextant de 6^{pi} de rayon. Plus tard, en 1760, il installa une lunette méridienne immédiatement sur la voûte de l'entrée du mausolée.

J.-Fr. Blondel, qui a décrit et figuré le collége en 1752 (*Archit. française*, t. 2, p. 1-8 et 7 pl.) ne dit rien de cet observatoire. Mais J_3 Bernouilli, qui le visita plus tard (1769), donne les indications suivantes (L. *Astr.*, p. 148-150) :

Cet Observatoire, quoique célèbre, n'est pas des mieux situé pour le dégagement de l'Horizon et il est surtout bien incommode pour quelqu'un qui ne demeure pas dans le College même, à cause de la régularité à laquelle on astreint le portier et de différens autres inconvéniens. Quand on s'est tiré, dans les galetas du Collége, d'un labyrinthe obscur en tout tems et dangereux, on arrive à un appartement qui consiste en deux pièces dont l'une est une chambre à coucher et dont l'autre, qui a un toit mobile ou tournant, renferme outre une pendule astronomique de M. Le Paute, deux instrumens qui vous sont bien connus : l'un est la Lunette méridienne qui est décrite dans l'*Astronomie* et à laquelle M. de La Lande n'a pu procurer l'avantage d'une marque dans l'Horizon ; l'autre instrument est le Sextant de 6 pieds qu'il a acheté des Héritiers de M. l'abbé de la Caille ; il m'a paru qu'il manquoit à cet instrument différentes commodités et je doute qu'on puisse vérifier si cet arc de 60 degrés est réellement de 10 à 12 Secondes trop grand, comme M. Bradley le soupçonnoit.

Dans une aûtre chambre à toit mobile, et assez éloignée de celle dont je viens de parler, se trouve un quart de cercle mobile de trois pieds très commode et qui est je crois celui qui est décrit dans l'*Astronomie ;* avec cet instrument est une autre

Pendule de M. LE PAUTE; ces deux horloges astronomiques ont, si je ne me trompe, un pendule composé l'une et l'autre.

M. DE LA LANDE possède aussi une des lunettes achromatiques de DOLLOND de la dernière invention ([1]) et quelques autres lunettes, et quand il lui faut un horizon plus libre il a l'avantage de pouvoir monter sur de petites terrasses qui sont sur le toit du College.

Coordonnées. — De tout ce qui précède, il résulte que ces deux Observatoires se trouvaient au Sud-Ouest du Dôme; mais, faute de plans de l'époque, il nous est impossible d'indiquer leur place absolument précise. Toutefois on ne peut hésiter que d'un petit nombre de mètres, ce qui est sans inconvénient au point de vue astronomique. Nous prendrons pour coordonnées celles du point qui, sur le plan de Paris à $\frac{1}{500}$, est sur la bissectrice de l'angle S.-O. du bâtiment de la Chapelle et à 4^{m} du sommet de cet angle. Ce point a pour coordonnées $17^{m},7 = 9^{T},2$ E, $2318^{m},3 = 1189^{T},5$ N, de sorte que

$$\Delta\mathcal{L} = 0'0'',87 = 0^{m}0^{s},058 \text{ E}; \qquad \Delta\varphi = +1'15'',06; \qquad \varphi = 48^{\circ}51'26'',06.$$

Il est probable que le premier observatoire était quelques mètres plus à l'Est.

INSTRUMENTS.

1. Un premier *quart de cercle* mentionné seulement à propos de la comète 1742 I.

2. Un *quart de cercle* mobile de Langlois, achevé en mai 1743, « d'une construction extrêmement solide », que La Caille munit d'un fil à plomb spécial ([2]).

Il a, dit-il, 3 pieds de rayon, et une lunette longue de 5 pieds, garnie d'un micromètre, les divisions sont des points trez fins marquez de 10 en 10 minutes; on n'a rien oublié dans sa construction de tout ce qui pouvoit le rendre solide et commode, on y a mis un clou d'or au centre, un garde-filet, une verge de fer, etc., pareil à ceux dont on trouve la description et les usages dans le Livre de la *Méridienne de Paris vérifiée par de nouvelles observations* (Troisième Partie, p. 71).

En 1751, La Caille fit réduire cette lunette à $3^{pi}\frac{1}{2}$, et Le Gentil, auquel il remit ce quart de cercle en 1760, en échange de celui qui venait de

---

([1]) « M. DE LA LANDE a depuis cédé cette lunette à M. l'Abbé DE ROCHON. » Lalande avait acquis cette lunette en mai 1768, pour 632#, et la céda en 1770; elle est décrite dans son *Astronomie*, II, p. 741.

([2]) *Mém. Acad.*, 1743, p. 159, 160.

Bouguer, dit que la partie supprimée était un prolongement du tube *en avant* de l'objectif. Cela paraît douteux d'après les paroles mêmes de La Caille.

3. Une excellente *pendule* de Julien le Roy, que La Caille avait dès 1743 (*Mém. Acad.*, 1743, p. 159; — 1745, p. 501).

4. Une *pendule* de Fieffé, qui n'est citée qu'une fois, le 19 mars 1743 (C.3, 17).

5. Une *pendule* de Thiout, mentionnée assez rarement et qui doit être une des deux emportées au Cap.

6. Une *lunette* de 3 pieds, à micromètre filaire ordinaire, employée en 1743 pour rapporter entre eux Mars et Saturne (*Mém. Acad.*, 1743, p. 162).

7. Une « bonne » *lunette* de 14 pieds de foyer, qui servit au Cap.

8. Une « petite » *machine parallactique* portative, construite en 1747 et dont La Caille se servait encore en 1761.

9. Un *sextant* de 6 pieds de rayon, qu'il avait acquis au moment de partir pour le Cap. C'est le plus célèbre des instruments de La Caille, qui l'a décrit dans *Mém. Acad.*, 1751, p. 400. Son micromètre est figuré dans Lalande, *Astr.*, II, 604.

10. Un *secteur* de 6 pieds de rayon, achevé en 1738 pour la vérification de la méridienne; il fut porté au Collège en février 1749 et La Caille s'en servit en 1749 et 1750; ensuite il l'emporta au Cap.

11. Une *lunette* achromatique de Dollond, de 19^{li} d'ouverture et $4^{pi}9^{po}\frac{1}{2}$ de long, que l'on ne trouve entre les mains de La Caille que vers la fin de sa vie.

12. Une *lunette méridienne* qu'il fit construire en 1760, et dont il commença de faire usage le 15 septembre de la même année. Cette lunette, de 50^{po} ($1^{m},35$) de long, tournait sur un axe de $2^{pi}\frac{1}{2}$ ($0^{m},81$). Elle est décrite et figurée dans l'*Astronomie* de Lalande (III, p. 615 et pl. XXIII).

13. Enfin divers instruments de moindre importance : *lunettes* de $2^{pi}\frac{1}{2}$, 5^{pi}, 6^{pi}, $9^{pi}\frac{1}{2}$; un *pendule* simple; un *pendule invariable* construit par Rivaz et qui comptait ses battements; une *boussole* d'inclinaison de Magny; un *octant* de 22^{po} de rayon; un *quartier à réflexion* de 16^{po} de rayon; un *quart de cercle* de 2^{pi} (ailleurs 14^{po}) dont il se servit à l'île de l'Ascension en 1754 et à Paris ou environs en 1761.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie des Sciences de Lisbonne**, par l'organe de son Secrétaire général, fait savoir à l'Académie que, dans un vote unanime, elle a décidé de manifester à l'Institut de France sa vive satisfaction pour la signature du traité de paix.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur certaines cassures défectueuses des éprouvettes de traction prélevées en « travers » dans l'acier.* Note de M. **Portevin**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

On sait que les propriétés mécaniques de l'acier forgé ou laminé sont différentes suivant l'orientation de l'éprouvette d'essai par rapport au dessin macrostructural ([1]), lequel est modifié par les déformations plastiques subies par le métal, c'est-à-dire par le travail de forge. Cela tient principalement à la répartition dans l'acier des impuretés non dissoutes et notamment des sulfures; cette répartition des sulfures épouse la macrostructure, ce qui est montré par l'identité des images obtenues par les divers réactifs et par l'essai d'application au papier au bromure d'argent acidulé, essai qui met en évidence les sulfures. Dans le cas d'un acier forgé, les inclusions, et en particulier les sulfures, se trouvent disposés en bandes sensiblement parallèles à la direction de l'allongement subi au forgeage, d'où la répercussion sur les propriétés mécaniques et notamment sur l'allongement de rupture, la striction de rupture et la résilience, qui se trouvent être minimum lorsque l'éprouvette d'essai est sollicitée normalement à l'allongement de forge, c'est-à-dire prise suivant le « travers » de l'acier.

Or, lorsqu'on essaye des éprouvettes de traction prises ainsi suivant le travers de l'acier, les résultats, en ce qui concerne les trois caractéristiques mécaniques ci-dessus indiquées, sont particulièrement mauvais lorsque l'éprouvette de traction présente l'une des cassures désignées par les lettres

---

([1]) Voir Charpy, *Le corroyage de l'acier et son influence sur les propriétés du métal* (*Rev. Mét.*, t. 15, 1918, p. 427). — A-W. et H. Brearley, *Ingots and Ingot Moulds*, p. 202. Londres, Longman et Green; 1918.

D (cassure bois pourri), F (cassure en sifflet) et Dl par les administrations françaises (Marine, Artillerie, Chemins de fer).

Ces cassures présentent le caractère commun de posséder, normalement à l'axe de l'éprouvette, c'est-à-dire parallèlement aux lignes du dessin macrostructural du métal, des zones fibreuses montrant l'hétérogénéité du métal.

D'après ce qui vient d'être dit, on peut penser que cette hétérogénéité résulte d'une accumulation locale d'inclusions sulfureuses. Pour le mettre en évidence, il n'y avait qu'à avoir recours au procédé d'impression au bromure d'argent acidulé. Mais le papier sensible au bromure ne peut être utilisé que sur surface plane, il aurait donc fallu meuler ou limer les cassures c'est-à-dire faire disparaître précisément la zone de métal que l'on se proposait d'étudier, on aurait eu ainsi des renseignements sur le métal sous-jacent et non sur la nature du défaut qui avait déterminé la rupture de l'éprouvette par jalonnement de la surface de cassure.

Roger [1] avait indiqué un procédé d'impression au bromure d'argent acidulé permettant l'application sur surface non plane en utilisant comme support de la couche sensible une matière plastique formée d'un mélange d'argile, de cire et de vaseline, mais nous n'avons pas réussi dans cette voie, n'ayant pas obtenu d'adhérence entre cette pâte et la couche sensible. Des tentatives d'utilisation de carton d'amiante, de pâtes au kaolin, d'étoffes souples, etc., ont également échoué et finalement nous avons obtenu satisfaction avec la pâte à polycopie (gélatine, glycérine et eau) recouverte d'une émulsion au bromure d'argent. Cette pâte élastique donne de bons résultats avec les cassures ne présentant pas de trop grandes dénivellations et, après impression, tout redevient plan, ce qui permet d'obtenir une photographie, sans effets d'ombres portées, reproduisant en quelque sorte la projection horizontale de l'image imprimée sur la couche sensible.

Nous avons essayé de cette manière un grand nombre de cassures des types précédemment cités et, en comparant le résultat obtenu avec celui fourni, dans des conditions d'impression identiques, par la surface plane résultant de l'arasement, à la meule ou à la lime, de toutes les aspérités de la cassure, ce qui fait apparaître le métal sous-jacent. On a pu ainsi mettre en évidence très nettement la nature sulfureuse des zones fibreuses apparaissant sur les cassures. Ces zones fibreuses sont donc des *amas de sulfures*, c'est-à-dire des *ségrégations locales* du lingot. Ceci montre que le

---

(1) *The investigation of fractures* (*Journ. Iron Steel Inst.*, t. 85, 1912, p. 379).

forgeage et les traitements thermiques ne peuvent les faire disparaître; le forgeage peut les déformer, la trempe peut en atténuer l'effet si la pénétration de trempe est telle que le défaut se trouve dans la zone entièrement martensitique après trempe, mais ces défauts subsistent et le remède doit être trouvé en remontant au lingot initial qui doit être exempt de ces ségrégations localisées.

Si l'on fait une coupe normale à l'axe d'un lingot cylindrique ou prismatique, on sait que, par attaque macrographique [1], on peut distinguer deux régions : l'une, périphérique, dans laquelle les édifices dendritiques sont allongés suivant un axe quaternaire normal à la surface du lingot; l'autre, centrale, à dendrites sensiblement équiaxes et désorientées. Or les ségrégations locales ne se rencontrent presque jamais dans la zone extérieure basaltique, mais bien dans la zone centrale où leur présence semble être en rapport avec les soufflures qui font cheminer par entraînement dans leur ascension les parties impures restées liquides les dernières, lors de la solidification du lingot. De ceci il résulte que, pour éviter les défauts signalés dans les cassures, il faut faire disparaître les ségrégations locales du lingot et, d'après ce que nous venons de dire : 1° réduire au minimum les dégagements de gaz dans la coulée; 2° donner à la zone extérieure basaltique du lingot le plus d'importance, c'est-à-dire utiliser des lingots aussi petits que possible, compatibles avec la destination à donner à l'acier.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les essais de flexion par choc de barreaux entaillés.* Note [2] de M. **A. Cornu-Thénard**, transmise par M. G. Charpy.

Nos expériences relatives à l'influence de la vitesse d'impact, qui ont fait récemment l'objet d'une Communication à l'Académie [3], ont porté exclusivement sur des barreaux de $10 \times 10 \times 53^{mm},3$, entaillés suivant le profil de Copenhague (entaille ronde de $1^{mm},3$ de diamètre, à mi-épaisseur); la considération des résultats obtenus nous a conduit, naturellement, à nous demander si la variation des grandeurs caractéristiques du type

---

(1) Voir en particulier Portevin et Bernard, *La macrostructure de l'acier examinée au moyen du réactif cuivrique Stead Le Chatelier* (*Rev. de Mét.*, t. 15, 1918, p. 277).

(2) Séance du 4 août 1919.

(3) André Cornu-Thénard, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1315 et suiv.

d'entaillage adopté, diamètre et profondeur, ne donnerait pas lieu, dans le cas de l'acier extra-doux cristallisé à gros grains, à une anomalie analogue à celle que les déterminations rappelées plus haut avaient mise en évidence.

Influence du diamètre de l'entaille. — Examinons d'abord l'influence du diamètre, la profondeur restant constante et égale à la demi-épaisseur du barreau.

Si l'on se borne à mettre en œuvre des aciers trempés et revenus ou recuits normalement, on est amené à des conclusions identiques à celles que nous avons formulées antérieurement, M. Georges Charpy et moi [1], à savoir que la variation du diamètre de l'entaille, tout en ayant une action notable sur la valeur intrinsèque du résultat de l'épreuve (différences de 100 pour 100 au maximum), ne trouble pas le classement des métaux dans l'échelle des résiliences.

Mais, il n'en est plus de même si l'on fait intervenir l'acier extra-doux cristallisé à gros grains : pour ce métal, en effet, la seule variation du diamètre de l'entaille de $1^{mm},3$ à 4^{mm}, toutes autres choses restant égales (en particulier, la vitesse d'impact étant maintenue à $5^{m},30$ par seconde), suffit à décupler la valeur de la résilience. C'est ce que fait ressortir le Tableau suivant :

		Résiliences (en kg : cm²), barreaux de $10 \times 10 \times 53^{mm},3$: entaille ronde, à mi-épaisseur, au diamètre de			
		$1^{mm},3$.	2^{mm}.	3^{mm}.	4^{mm}.
Acier extra-doux traité		17,12	16,37	17,87	18,13
Acier demi-dur	traité	11,30	11,54	11,88	13,36
	recuit	5,08	»	»	7,02
Acier dur au chrome et au nickel.	traité	6,76	7,24	7,74	8,24
	recuit	3,72	»	»	5,30
Acier extra-doux cristallisé à gros grains		1,66	5,40	9,28	11,88

Comparons, en outre, l'un à l'autre, les deux états du même acier extra-doux (première et dernière lignes du Tableau), pour lesquels l'essai de traction, tout au moins en ce qui concerne la limite de rupture et l'allongement, donne des résultats très voisins : on constate que les déterminations obtenues au choc se localisent aux deux extrémités de l'échelle des rési-

---

(1) Georges Charpy et André Cornu-Thénard, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 473 et suiv.

liences, si l'on fait usage de l'entaille de $1^{mm},3$, que la résilience de l'extra-doux cristallisé augmente rapidement avec le diamètre de l'entaille, alors que celle de l'extra-doux nerveux reste sensiblement constante et que, finalement, la première n'est plus que les $\frac{2}{3}$ de la seconde quand le diamètre de l'entaille atteint 4^{mm}.

A la limite, si l'on produit une simple flexion sans entaille, les deux travaux absorbés au choc sont presque identiques et l'on ne peut plus distinguer l'un de l'autre les deux états du métal.

L'augmentation du diamètre de l'entaille tend donc à masquer une fragilité qu'il importe, cependant, au premier chef, de faire apparaître.

Influence de la profondeur de l'entaille. — Ici encore la mise en œuvre de l'extra-doux cristallisé à gros grains exagère notablement, par rapport aux autres aciers, l'influence de ce facteur. Le Tableau ci-dessous donne les résultats d'une série de déterminations comparatives, effectuées sur entailles de $1^{mm},3$ et 2^{mm} de diamètre à 5^{mm} et 2^{mm} de profondeur.

Profondeur de l'entaille.	Résiliences moyennes de l'extra-doux cristallisé sur entailles rondes de	
	$1^{mm},3$ de diamètre.	2^{mm} de diamètre.
5^{mm}	$3^{kg},18 \pm 0,14$ [1]	$4^{kg},54 \pm 0,08$
2^{mm}	$5^{kg},76 \pm 1,42$	$11^{kg},44 \pm 5,78$

On remarque que la résilience augmente quand la profondeur de l'entaille diminue, et cela d'autant plus nettement que le diamètre de l'entaille est plus grand. On remarque, en outre, d'après la valeur des écarts moyens, que la sécurité des résultats diminue avec la profondeur : autrement dit, l'entaille peu profonde est susceptible de fournir, pour un matériel bien homogène et sûrement fragile, des résultats incertains, tantôt bas, tantôt élevés, et ce degré d'incertitude croît quand le diamètre augmente.

Au point de vue pratique, nous voyons que l'entaille ronde de 2^{mm} de diamètre à 2^{mm} de profondeur, dont l'emploi tendait à se généraliser en raison de sa facilité d'exécution, semble devoir être écartée.

Parallèlement au fait signalé au cours de l'étude de l'influence de la

(1) La résilience de ces échantillons sur entaille de $1^{mm},3$ de diamètre et à mi-épaisseur, est presque le double de la résilience figurant au Tableau précédent, pour un entaillage identique : cela tient à ce que les deux séries n'ont pas été traitées en même temps et que la cristallisation de l'acier s'est produite avec plus d'intensité dans un cas que dans l'autre. Les résultats signalés ne pourraient être qu'exagérés par une cristallisation plus parfaite.

vitesse d'impact, les variations du diamètre ou de la profondeur de l'entaille font ressortir un mécanisme de rupture totalement différent, suivant la valeur du travail absorbé.

Conclusions. — Contrairement à la façon dont se comportent la grande majorité des aciers trempés et revenus ou recuits normalement, l'acier extra-doux cristallisé à gros grains accuse, à l'essai de choc, une sensibilité spéciale à la variation du diamètre ou de la profondeur de l'entaille ronde.

Bien qu'il paraisse, jusqu'ici, tout exceptionnel, ce fait suffit cependant à introduire quelques restrictions dans l'établissement des barreaux d'essai; pour déceler, en *toute sécurité*, la fragilité d'un matériel, il importe, en effet, que l'entaille ronde présente simultanément :

1° Un diamètre suffisamment petit : la limite supérieure doit en être fixée à 2^{mm} (barreau de 10×10);

2° Une profondeur suffisamment grande : la moitié de l'épaisseur du barreau en offre une valeur satisfaisante.

Nous faisons remarquer, en terminant, que l'entaillage proposé par le Congrès de Copenhague satisfait à cette double condition.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Kopff faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de **M. A. Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	Temps moyen de Nice.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Août 4......	9.45. 9	—1.18,89	+2.25,1	15:10	19.26.32,14	8,985*n*	—9. 5.43,8	0,845	1
» 6......	9.51. 8	—0.28,46	+4.46,2	18:10	19.26.24,64	8,848*n*	—8.57.13,5	0,845	2
» 7......	13.37.50	—1.10,81	—1.40,7	21:14	19.26.22,92	9,508	—8.52.49,0	0,824	3

Positions des étoiles de comparaison.

★	Gr.	R moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
. 5168-9..	8,6	19.27.46,78	+4,25	—9. 8.24,4	+15,5	A. G. Wien-Ott., 6801.
. 5162-9..	9,7	19.26.48,85	+4,25	—9. 2.15,3	+15,6	Rapp. à ★ 1.
. 5017-8..	9,6	19.27.29,49	+4,24	—8.51.24,0	+15,7	Rapp. à ★ 4.
. 5028-8..	9,1	19.29.47,96		—8.45.31,3		

	ΔR.	ΔD.	N. de c.
	m s	m s	
★ 2 — ★ 1......	—0.57,93	+6. 9,1	12 : 8
★ 3 — ★ 4......	—2.18,47	—5.52,7	12 : 8

Remarques. — Août 4. — La comète de grandeur 10 est formée par une nébulosité de 3′ environ d'étendue, présentant vers la région centrale une condensation diffuse qui ressort bien. Ciel très nuageux. Lune à son 9e jour.

Août 6. — La condensatiou se pointe encore facilement malgré la lune (11e jour). A $18^h 1^m$ (t. sid.), la comète passe $2^s,3$ après l'★ 5158 BD — 9° et 0′,5 plus haut.

Août 7. — Ciel brumeux, la condensation ressort faiblement sur la nébulosité. On a été obligé d'attendre le coucher de la lune pour pouvoir faire l'observation.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète périodique Kopff* (1919 *a*), *faite à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Date 1919.	Temps moyen de Lyon.	Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.★
Août 7......	$13^h 32^m 4^s$	$+0^m 0^s,56$	$+4'52'',0$	10:10	$19^h 26^m 23^s,23$	+9,482	$-8°52'44'',5$	+0,835

Positions des étoiles de comparaison.

★.	α moyenne. 1919,0.	Réduction au jour.	δ moyenne. 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
a........	$19^h 26^m 18^s,43$	$+4^s,24$	$-8°57'52'',1$	$+15'',6$	B.D. — 9°,5158 (9,8), rapportée à *b*
b........	19.27.47,18	»	—9. 8.24,4	»	A.G. Wien-Ott, n° 6801

Remarques. — Les 5 et 6, j'ai pu voir la comète, mais des formations nuageuses persistantes ont empêché de faire des mesures.

Son aspect est celui d'une nébuleuse circulaire assez bien limitée, d'environ vingt secondes d'arc de diamètre, avec condensation centrale à peine marquée; sa teinte est bleuâtre et son éclat est de 11e grandeur.

Le 7, le vent fait bouger le bras du coudé et gêne beaucoup les mesures en $\Delta\alpha$.

GÉOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude des Niveaux lacustres et des Niveaux fluviatiles de la basse vallée du Vardar.* Note de M. **D. Faucher**, présentée par M. Bourgeois.

Dans une précédente Communication, nous avons fait connaître trois niveaux de calcaire lacustre, formant terrasses dans la région de Ljoumnitza, le dernier d'entre eux à l'altitude de 400^m.

Au sud du Défilé des Tsiganes, comme dans le voisinage immédiat de cette section du Vardar, nous n'avons retrouvé de semblables dépôts ni sur l'une, ni sur l'autre des rives du fleuve. Pourtant les surfaces horizontales ou régulièrement inclinées ne manquent pas dans les paysages du Bas-

Vardar. Leur observation nous a paru conduire à des conclusions intéressantes pour le lac Egéen, du golfe de Salonique et du fleuve lui-même.

Nous bornerons la présente Communication à l'analyse des principales lignes du relief le long du Défilé des Tsiganes et sur les bords du bassin de Karasaili-Dambovo.

A. A l'ouest du village de Dreveno, une croupe de diorite et granulite recouverte d'argile de décomposition et de cailloux roulés passe insensiblement, sur une longueur de 2^{km}, de l'altitude 340^m à l'altitude 320^m. Elle se raccorde au Sud-Ouest par une pente plus forte (70^m pour 1500^m) à la courbe de 250^m. Un témoin de ce niveau se retrouve de l'autre côté de la Kodja-Due, près du Mont Maurel, à la côte 330^m.

La courbe de 250^m, de son côté, est à peu près la limite, dans la région de Dreveno, des surfaces mûres recouvertes d'alluvions qui s'échelonnent du Nord au Sud, depuis la butte du Signal Berecki (267^m) à celle du Signal de Kodja-Tepe (247^m), en passant par celle du village de Dreveno à 270^m. Vus de la rive gauche du Vardar, ces témoins donnent une remarquable impression de continuité.

Ainsi se trouvent déterminés, l'un au-dessous de l'autre, deux anciens fonds de vallée, le premier à 320^m-340^m, le second à 250^m-270^m.

L'observation du massif de Smoll, qui domine le Défilé des Tsiganes sur la rive gauche du fleuve, confirme cette conclusion.

La croupe qui forme l'arête culminante de Smoll Hitt est, en effet, à l'altitude moyenne de 320^m-330^m, son sommet étant à 350^m. Les surfaces limitées par la courbe de 250^m ont une étendue et une régularité de formes qui les apparentent évidemment à celles de la région de Dreveno, bien qu'elles soient dépourvues d'alluvions.

Si l'on ajoute que la pente de toutes ces surfaces est NS, comme celle du Vardar; que les croupes observées ont révélé l'existence sur la rive droite de nombreux galets exotiques, on croit pouvoir tirer des faits qui précédent une double conclusion :

1° *Le Vardar, au niveau de* 330^m-350^m, *dans la région du Défilé des Tsiganes, semble l'héritier direct de la transgression lacustre qui a fourni les terrasses de calcaire à l'altitude de* 400^m.

2° *Le fleuve, s'enfonçant sur place, a marqué un premier temps d'arrêt vers cette altitude, un deuxième temps d'arrêt vers les cotes* 270^m-250^m.

La pente du fleuve, à ces stades de son évolution, paraît avoir été assez forte; c'est vraisemblablement très au-dessous de ces altitudes qu'il faudra

rechercher dans le Sud le niveau de base de l'érosion vardarienne à cette époque.

B. Au sud de la Kodja Dere, dans la région d'Isvor-Gumendje-Bohemitza, les roches cristallines disparaissent très vite en profondeur, probablement par l'effet d'une des failles qui compartimentent tout le pays. L'ensemble de la région a l'aspect d'un bassin remblayé de matériaux meubles; son évolution morphologique a donc pu être particulièrement rapide. De fait, il est assez difficile de retrouver ici, avec certitude, la suite des deux niveaux déterminés dans la région de Dreveno.

Cependant, on peut noter que presque toutes les croupes orientées vers le Vardar, autour d'un point central voisin de Dambovo, sont en pente extrêmement régulière jusqu'au voisinage de la courbe de 80^{m} ou de 70^{m}. D'Iovor vers Bohemitza, par exemple, l'altitude décroît sans brusquerie à raison de 140^{m} pour 4^{km} environ; de la cote 250, entre Gumendji et Tossitovo, on descend progressivement vers la cote 80 au-dessus de Toumba, suivant une pente de 170^{m} pour 5^{km} environ.

Ces observations ne permettent pourtant pas, à elles seules, d'affirmer l'existence d'une nouvelle période de stabilité relative du fleuve, car le raccord entre le lit majeur se fait souvent en pente assez douce, et semble prolonger les croupes mentionnées ci-dessus. Mais nous avons relevé l'existence d'une belle terrasse de roche en place bordant la rive gauche du fleuve à l'altitude de 70^{m}, juste à la sortie du Défilé des Tsiganes. Cette même cote, nous l'avons relevée, d'autre part, sur la large surface horizontale, parsemée de cailloux roulés, qui domine la station de Karasouli (S^{al} de Karasouli, 77^{m}).

Aussi croyons-nous pouvoir conclure que, dans son enfoncement progressif, le *Vardar a marqué un temps d'arrêt au moment où il atteignait le niveau* 80^{m}-70^{m} *dans le bassin Karasouli-Dambovo.*

C. Il y a enfin à distinguer, au-dessus du lit majeur actuel qui est à 25^{m}-30^{m} dans la région considérée, un *niveau formant terrasse à* 40^{m}-50^{m} *d'altitude.*

C'est ce niveau qui se retrouve sur la rive gauche du Vardar, sur la longue croupe de Vardino-Vardarovtcha, entre le lac d'Amatow et le fleuve.

D. Ce qui précède atteste la prédominance de l'érosion vardarienne dans le modelé des surfaces de la région du Bas-Vardar, au-dessous de 400^{m}.

I. Partout où nous avons pu faire des observations directes, c'est-à-dire du bassin de Guevgueli à la mer, entre le massif du Pazar-Gandac et les lacs Ardzan-Amatovo, nous avons constaté la disparition, au-dessous de 400^m, des calcaires limoniteux lacustres. Les sables et les argiles qui leur ont succédé ont été très attaqués par les eaux courantes, de telle sorte que leur niveau originel semble actuellement bien difficile à établir. On peut affirmer que, depuis la transgression lacustre au niveau de 400^m, le drainage, fluviatile n'a plus été interrompu dans la région du Défilé des Tsiganes-bassin de Karasouli-Dambovo. Il a suivi les vicissitudes du niveau de base lacustre ou marin qui s'est abaissé peu à peu jusqu'au niveau actuel du golfe de Salonique.

II. Les observations morphologiques que nous venons de résumer, les comparaisons des cotes d'altitude que nous venons de présenter, complétées par les données de la carte topographique au 50000e des A.A.O., permettent enfin d'affirmer qu'il n'y a pas à chercher dans la région de Gumendje les deux terrasses égéennes de J. Cvijic, comme cet auteur avait cru pouvoir le faire [*L'Ancien lac Egéen* (*Ann. de Géog.*, 20e année, n° 111, 15 mai 1911, p. 233-259, fig. 1-3)]. Sa terrasse de 610^m-620^m n'existe pas à Gumendje. La terrasse de Krina, correspondant à la terrasse égéenne la plus élevée, vers 740^m, est un simple replat génétique au contact du calcaire mézosoïque et des micaschites du Pazar, à 450^m d'altitude seulement.

HYDROGRAPHIE. — *Le bas-fond de la Judie* (*Baixo da Judia*). Note de M. F. **Romanet du Caillaud**, présentée par M. Grandidier.

Dans le canal de Mozambique, en face de Madagascar, à peu près à mi-distance entre la grande île et la côte de Sofala, est un écueil remarquable qui, autrefois, servait de signal à la navigation pour se diriger sur Madagascar [1].

Sur les cartes modernes, le nom de cet écueil a été altéré, sans doute par suite d'une mauvaise lecture de son nom primitif. L'*Atlas* allemand de Stieler (Gotha, Justus Perthes), en ses cartes nos 68 et 71, l'appelle *Bassas*

---

[1] Manoel Pimentel, *Arte de navegar e Roteiro das Viagens*, Lisbonne, 1762 (2e édition), p. 387.

da India (¹), nom que reproduit également la grande carte de l'Afrique publiée en 1895 par la Société de Géographie de Paris.

Ce nom de *Bassas da India* doit être rectifié. Les Portugais, qui ont découvert cet écueil, l'ont appelé *Baixo da Judia*, ce qu'on peut voir dans l'*Arte de navegar e Roteiro das Viagens* de Manoel Pimentel, édité à Lisbonne en 1710, réédité en 1762.

Page 192 de l'édition de 1762, cet ouvrage donne la latitude et la longitude du *Baixo da Judia*, soit 22°0' Sud et 61°30' Est de l'Ile de Fer.

Bas-fond de forme triangulaire, que dominait une petite île de coraux étroite et allongée, parsemée de quelques rochers pointus semblables à des arbres, le *Baixo da Judia* avait au XVIIIᵉ siècle une longueur de 18 lieues en allant du Nord-Ouest au Sud-Est. C'était un écueil très dangereux.

Manoel Pimentel ne dit pas l'origine de son nom, qui doit être probablement celui d'un navire portugais, *A Judia*, qui découvrit cet écueil ou qui y échoua. A la vérité, je n'ai pas trouvé le nom de ce navire, *A Judia*, dans les anciens ouvrages coloniaux portugais que je possède, *A Asia* de João de Barros et de Diogo de Couto, *Lendas da India* de Gaspar Correa, *Historia do descobrimento e Conquista da India* de Lopez de Castanheda, *A Asia Portuguesa* de Manuel Faria y Sousa, etc.

La transformation sur les cartes modernes du nom de *Baixo da Judia* en celui de *Bassas da India* vient, comme je l'ai dit, d'une mauvaise lecture d'un typographe ou d'un graveur. Dans le dernier mot, *Judia*, le *J* aura été pris pour un *I*, et le *u* pour un *n*.

Il faut rendre à cet écueil son vrai nom, *Baixo da Judia*, et, puisqu'il est presque dans des eaux françaises, ayant été considéré comme le signal de l'île de Madagascar, il serait bon de traduire son nom en français et de l'appeler désormais le *Bas-fond de la Judie*.

(¹) L'*Atlas* de STIELER écrit aussi à sa manière le nom portugais d'un autre point géographique : dans sa carte n° 58, il marque au sud de l'Inde l'archipel *Tschagos*; il eût dû écrire *Tschagas* ou mieux *Chagas*, cet archipel occupant l'emplacement du *Baixo* ou des *Baixos das Chagas* (le bas-fond ou les bas-fonds des Plaies, ainsi nommés en l'honneur des plaies de Notre-Seigneur), cités dans Manoel Pimentel, *op. et ed. cit.*, p. 392 et 406, p. 386-387; il décrit cet écueil et il en reparle encore p. 388, 404 et 415.

HYDROGRAPHIE. — *Sur une mesure de la vitesse de propagation des ondes sonores dans l'eau de mer.* Note de M. **Marti**, présentée par M. L. Favé.

Une mesure directe de la vitesse de propagation des ondes sonores dans l'eau a été effectuée par Colladon et Sturm, sur le lac de Genève, en 1827. Depuis cette époque, quelques physiciens ont repris cette détermination par des procédés de laboratoire qu'ils ont de plus appliqués à l'étude de l'influence de la température et de la présence des sels ou des gaz que l'eau peut contenir en dissolution.

En vue d'utiliser les ondes sonores sous-marines, d'une part pour mesurer des distances en mer d'un point à un autre (propagation horizontale), d'autre part pour mesurer la hauteur de l'eau par écho d'une onde sonore sur le fond (propagation verticale), le Service Hydrographique de la Marine s'est proposé de déterminer d'une façon directe la vitesse du son dans l'eau de mer, dans des conditions de température et de salinité exactement connues. J'ai été chargé d'exécuter ces opérations dans le courant du mois de juillet dernier.

La mesure a été effectuée dans la grande rade de Cherbourg par des profondeurs d'environ 13^m. Trois microphones de fond ont été mouillés sur un même alignement sensiblement parallèle à la grande digue, les distances respectives des microphones étant d'environ 900^m. Leurs positions ont été déterminées avec précision, au moyen de théodolites mis en station sur la digue. Les distances respectives de ces instruments ont été mesurées, sur la digue, au moyen d'un ruban d'acier soigneusement étalonné. On a calculé ensuite les distances exactes du microphone central à ceux des extrémités; on a constitué ainsi deux bases servant à la mesure de la vitesse du son.

Les ondes sonores étaient produites par la détonation d'explosifs placés sur l'alignement des microphones, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, pour éliminer l'effet du courant; chacun des points d'explosion étant écarté de 1200^m du microphone le plus voisin, les perturbations se produisant dans leur voisinage sont insensibles dans ces conditions.

Les passages du front de l'onde aux différents microphones étaient enregistrés au moyen d'un chronographe muni d'un diapason étalonné inscrivant le temps sur un papier enduit de noir de fumée.

On notait la température de la mer et la densité de l'eau pendant les observations.

Les diverses séries qui ont été effectuées donnent des résultats très concordants pour les deux bases. La vitesse de propagation de l'onde est d'environ 1503^m,5 par seconde à la température de 14°,5, dans l'eau de mer ayant, à la température de 14°,9, une densité égale à 1,0245. Ces nombres pourront subir de légères corrections. Les valeurs définitives seront publiées, après dépouillement complet des observations, dans un Compte rendu détaillé qui figurera dans le prochain volume des *Annales Hydrographiques*. Mais, dès à présent, on peut dire que l'erreur sur la valeur de la vitesse dans les conditions de la mesure ne doit pas excéder 0^m,50, soit $\frac{1}{3000}$ de la valeur, car les différentes opérations nécessaires : mesure de la longueur des deux bases, étalonnage du diapason, lecture des instants de passage de l'onde aux différents microphones, ont été faites avec une précision sensiblement supérieure.

Il est à remarquer que la valeur ainsi trouvée diffère très notablement de celles qui résultent des travaux cités plus haut. Colladon et Sturm concluent en effet à une vitesse de 1435^m dans le lac de Genève à une température de 8°; Martini indique 1399^m dans l'eau distillée à la température de 4°; Dörsing 1441^m dans l'eau sans air à la température de 13°, et 1470^m dans une solution à $\frac{1}{10}$ de chlorure de sodium à la température de 15°.

L'effet de la température et des substances en dissolution dans l'eau de mer ne peut être actuellement calculé avec quelque certitude, mais il ne paraît pas dépasser un petit nombre de mètres et, par suite, suffire à expliquer la discordance des mesures directes qui est de l'ordre de $\frac{1}{20}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Application des amplificateurs à l'inscription mécanique des signaux de télégraphie sans fil.* Note [1] de MM. **Henri Abraham** et **Eugène Bloch**.

Nous avons décrit, dans une Note antérieure [2], des amplificateurs à lampes permettant d'amplifier les courants de très basse fréquence. Nous nous proposons de montrer comment, par leur emploi, il est devenu facile d'inscrire les signaux de télégraphie sans fil sur bande de papier enfumé ou sur bande Morse, sans aucun relais mécanique. Les essais réalisés au cours des années 1916, 1917, 1918 pour la Radiotélégraphie militaire ont mis en lumière les avantages du procédé.

---

(1) Séance du 28 juillet 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1321.

1. Le système récepteur de T. S. F. que nous avons le plus souvent utilisé comporte un cadre de $1^{m},20$ de diamètre portant 40 spires de fil de $1^{mm},5$ distantes de 14^{mm}. Ce cadre est associé à un condensateur réglable de manière à constituer le circuit primaire de réception. Pour l'inscription des postes puissants relativement rapprochés (moins de 2000^{km}), les difficultés provenant des brouillages ou des parasites sont en général assez faibles pour que l'on puisse se passer de circuit secondaire et relier directement les bornes du cadre aux bornes d'entrée des amplificateurs. Si l'on est gêné par les brouillages, ce qui arrive souvent pour les postes éloignés, il faut recevoir sur un secondaire peu couplé avec le primaire. On réalise ainsi une meilleure syntonie. Si l'on reçoit des ondes entretenues, ce qui, pour les postes à grande puissance, tend à devenir le cas général, la longueur d'onde d'émission est très rigoureusement définie et l'on peut encore augmenter considérablement la syntonie à la réception. On utilise pour cela une « résonance suraiguë » obtenue en introduisant au moyen de lampes auxiliaires une résistance négative convenable dans le circuit primaire de réception, et aussi, si cela est nécessaire, dans le circuit secondaire. On élimine ainsi d'une manière très parfaite la plupart des parasites et des brouillages.

2. Les amplificateurs reliés aux circuits de réception sont au nombre de deux :

1° Un amplificateur à plusieurs étages de haute fréquence, suivis, après détection, de plusieurs étages de basse fréquence : nous avons utilisé souvent un amplificateur à huit lampes, comprenant cinq étages d'amplification de haute fréquence par résistances et capacités, suivis d'une lampe détectrice et de deux étages d'amplification de basse fréquence par transformateurs (1).

2° Un amplificateur pour courants continus ou pour courants de très basse fréquence (généralement à trois étages d'amplification), dont la dernière lampe peut être doublée pour augmenter le courant débité à la sortie.

L'appareil inscripteur est inséré directement sur le circuit de plaque de la dernière lampe, comme le serait le téléphone dans une réception ordinaire faite à l'oreille. Si l'on reçoit des ondes entretenues avec l'aide d'une

---

(1) C'est l'amplificateur du type R-6 que nous avions étudié pour les services de la Radiotélégraphie militaire.

hétérodyne, il est bon de placer celle-ci dans un écran métallique, dont ne sortent que les fils allant à la bobine de couplage destinée à actionner le circuit récepteur. On peut ainsi régler à la valeur la plus favorable l'intensité de l'émission locale.

3. L'appareil inscripteur peut être soit un appareil Morse, soit un galvanomètre à plume. Dans les deux cas, il y a avantage à utiliser des bobinages à fil fin de plusieurs milliers d'ohms, de manière à adapter l'appareil à la résistance intérieure de la source (circuit de plaque d'un amplificateur) et à réduire le courant nécessaire à son fonctionnement.

Pour le Morse, il suffira alors de 2 milliampères environ. La sensibilité sera une dizaine de fois plus grande si l'on prend comme galvanomètre inscripteur l'oscillographe magnétique à plume que nous avons décrit récemment [1] et qui est destiné aux inscriptions sur bande enfumée. La période propre de ce dernier ($\frac{1}{100}$ de seconde) est assez courte pour qu'il se prête commodément à l'inscription des transmissions automatiques rapides.

4. L'appareil inscripteur, quel qu'il soit, fonctionne par « tout ou rien », c'est-à-dire que, dans notre dispositif, l'amplification peut être rendue suffisante pour que le courant de plaque qui actionne l'inscripteur ait sa valeur maximum pendant le passage d'un signal et tombe à zéro dans l'intervalle de deux signaux. Ce mode de fonctionnement, obtenu sans relais mécanique, présente de sérieux avantages : il élimine complètement une partie des perturbations qui pourraient provenir des parasites ou des brouillages. En effet, d'une part, le courant débité par la dernière plaque atteint, si le voltage est suffisant, une valeur, dite *courant de saturation*, qui ne peut pas être dépassée : ce courant est donc insensible à un parasite même fort. D'autre part, dans les intervalles entre les signaux, la dernière grille devient fortement négative : un signal parasite d'intensité modérée ne fera pas remonter son potentiel jusqu'à zéro, et la plaque continuera à ne rien débiter. On voit qu'il y a une double limitation des perturbations gênantes, à cause de l'existence simultanée d'un seuil de fonctionnement et d'un courant de saturation.

En fait, sont seuls gênants les brouillages et les parasites intenses : de deux communications simultanément entendues au téléphone, mais d'intensités assez inégales, *la plus forte s'inscrit seule*.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 171.

5. En employant les dispositifs précédents nous avons pu recevoir sur petit cadre et inscrire correctement soit au Morse, soit sur noir de fumée, tous les grands postes européens et américains. Pour les postes européens, dont la distance ne dépasse guère 2000^{km} (Lyon, Nauen, Berlin, Clifden, Coltano, Aranjuez, Moscou, Constantinople, etc.), il n'y a aucune précaution particulière à prendre. Pour les postes américains (New-Brunswick, Annapolis), dont la distance atteint 6000^{km}, il est nécessaire de porter la syntonie à son maximum. On réussit alors à les inscrire au Morse correctement, même pendant le fonctionnement de postes intenses et rapprochés (Tour Eiffel).

Les inscriptions que nous avons réalisées au cours de ces dernières années, avec un fonctionnement parfaitement régulier des appareils pendant des intervalles de temps de plusieurs heures consécutives, prouvent que l'enregistrement des signaux de T. S. F. aux plus grandes distances peut être réalisé avec sécurité grâce à l'emploi des amplificateurs à lampes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la composition de quelques essences de pétrole asiatiques.* Note de MM. **G. Chavanne** et **L.-J. Simon**, transmise par M. Ch. Moureu.

La méthode analytique fondée sur la température critique de dissolution (TCD) dans l'aniline ([1]) a été appliquée à l'étude de certaines essences de pétrole d'origine asiatique, importées en Europe dans ces dernières années.

Elles provenaient de Perse, de Sumatra et de Bornéo. L'essence de Bornéo était distillée soigneusement à Port-Saint-Louis-du-Rhône dans l'établissement du Service des Poudres. Ce Service a mis à notre disposition, en nous en donnant la définition précise, les diverses fractions désignées par les lettres D_1 à D_6 et E_1 à E_3. Les résultats, en ce qui concerne la composition en carbures aromatiques et cycliques saturés, sont rassemblés dans le Tableau suivant :

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, p. 1111; t. 169, p. 185 et p. 70. Dans cette dernière Note, ligne 2 en remontant, au lieu de : t. 169, p.   , il faut lire : t. 169, p. 185.

Carbures.	D_1.	D_2.	D_3.	D_4.	D_5.	D_6.	E_1.	E_2.	E_3.	S.	P_1.	P_2.
Aromatiques	13	7,5	2,5	11	3	27,9	6,75	14,7	13	6,5	5,55	13,7
Benzène	13	7,5	2,5	4,6	//	//	//	//	//	0,65	2,35	1
Toluène	//	//	//	6,4	3	27,6	4,80	//	6,5	2,70	2,55	4
Xylènes	//	//	//	//	//	0,3	1,95	14,7	6,5	3,15	0,65	6
Supérieurs	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	2,7
Cycliques saturés	18,4	83,9	64,3	54,6	62,5	29,2	50	53	47	22,2	19,6	17,3
Cyclopentane	2,1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	0,6	//
Méthylcyclopentane	14,3	11,8	//	//	//	//	//	//	//	3,4	6,2	2
Cyclohexane	2	72,1	45,8	5,4	//	//	//	//	//	4,3	1,7	1,5
Diméthylcyclopentane	//	//	18,5	19,3	//	//	//	//	//	5,5	6,4	4
Méthylcyclohexane	//	//	//	29,9	56,7	//	//	//	//	9	3,3	4
Diméthylcyclohexane	//	//	//	//	5,9	29,2	50	53	47	//	1,4	5
Supérieurs	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	1
Acycliques	68,6	8,6	33,2	34,4	34,4	42,9	43	32,3	40	71,3	74,8	69

Les résultats relatifs aux essences de Perse sont renfermés dans les colonnes désignées par les lettres P_1 (essence extra) et P_2 (essence épurée). Ces essences sont très riches en carbures acycliques et, en particulier, l'essence de Perse extra; elle est surtout remarquable par sa richesse en produits volatils : 32,5 pour 100 passent au-dessous de la température de 60°. L'essence épurée est riche en produits élevés, elle renferme plus de carbures aromatiques, surtout de xylènes, et, au contraire, moins de cyclopentane.

L'essence de Sumatra renferme également beaucoup de carbures acycliques et plus de carbures cycliques saturés que les essences de Perse.

Pour les essences de Bornéo, qui sont des essences élaborées, chacune des marques a son caractère propre : D_1 se rapproche, par la répartition des groupes de carbure, de l'essence de Perse épurée et, par suite, dans une certaine mesure des essences américaines.

D_2 *est d'une richesse exceptionnelle en carbures cycliques saturés :* 84 pour 100. C'est une matière première riche en cyclohexane. D_3, D_4, D_5 renferment encore beaucoup de carbures cycliques saturés; la composition varie de l'une à l'autre en même temps que la température de distillation s'élève. D_6 renferme beaucoup de toluène.

E_1, E_2, E_3 renferment beaucoup de diméthylcyclohexanes, E_2 est encore assez riche en xylènes.

Correction due à la présence des carbures éthyléniques. — Toutes les

essences mentionnées précédemment sont à peu près exemptes de carbures éthyléniques; on s'en est assuré en prenant leur indice de brome par la méthode au bromure-bromate, conformément aux indications de Frank (1901) et Routala (1912). Pour les essences asiatiques, la teneur en carbures éthyléniques, comptée en amylène, a été trouvée inférieure à 0,05 et même 0,025 pour 100.

Pour les essences américaines que nous avons examinées, il n'en est plus de même; la proportion est comprise entre 0,6 et 3,5 pour 100. Cette propriété tient à la pratique du cracking et elle caractérise en quelque mesure ces essences.

Désignons respectivement par T, T' et T'' les TCD dans l'aniline d'une essence de pétrole, de cette essence débarrassée des carbures éthyléniques et de cette essence débarrassée en outre des carbures aromatiques. La valeur de $T'' - T'$ permet de conclure à la proportion de carbures aromatiques de l'essence.

Si l'essence ne renferme pas de carbures éthyléniques, T' et T se confondent; si l'essence en renferme, il faut en tenir compte et déterminer T'. *Cette valeur ne peut être observée directement;* il faudrait pour cela débarrasser l'essence des carbures éthyléniques sans toucher aux carbures aromatiques. Or il est très possible d'enlever *partiellement* ces carbures sans altérer les carbures aromatiques : il suffit d'agiter l'essence avec de l'acide sulfurique à 70 ou 80 pour 100; mais cet enlèvement est partiel et limité. Il est connu par exemple, pour les amylènes, que certains isomères sont dissous par l'acide sulfurique à cette concentration, alors que d'autres échappent à son action.

Ne pouvant réaliser l'absorption complète des carbures éthyléniques sans modifier les carbures qui les accompagnent, il a fallu tourner la difficulté.

L'expérience a prouvé que, dans des mélanges synthétiques et dans des essences renfermant des carbures éthyléniques, l'agitation provoquait pour l'essence, après ce traitement, des variations simultanées d'indices de brome et de TCD proportionnelles, en sorte qu'une diminution de 1 pour 100 dans la teneur en carbures éthyléniques est accompagnée d'une augmentation de 0°,4 pour la TCD.

Si donc on désigne par E la proportion centésimale de carbures éthyléniques, on peut *calculer* T' par l'expression $T' = T + 0,4\,E$.

La proportion centésimale des carbures aromatiques, qui est donnée par la formule $Ar = (T'' - T')\,1,18$, devient donc

$$Ar = (T'' - T - 0,4\,E)\,1,18.$$

Comme nous avons observé pour E les valeurs extrêmes 0,6 et 3,5, la correction T′ — T est comprise entre 0,24 et 1,4.

Or, d'autre part, T″ — T est compris entre 2 et 4,6; la correction est donc indispensable et il convient de la faire intervenir dans l'évaluation des carbures aromatiques dans les essences américaines.

Nous avons ainsi pu fixer, dans les essences de diverses marques françaises d'origine américaine et dans les essences d'aviation américaines, la proportion de carbures aromatiques : elle est assez variable et comprise entre 2 et 4,5 pour 100, c'est-à-dire plus faible, non seulement que les essences de Bornéo, particulièrement favorisées à cet égard, mais encore que les essences de Perse et même de Sumatra.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations entre les couches à* Otoceras *de l'Arménie (Transcaucasie méridionale) et celles de l'Himalaya.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

On a considéré jusqu'à présent les couches à *Otoceras* de l'Arménie comme étant d'un âge plus ancien que celles de l'Himalaya, et l'on appuyait cette opinion sur les raisons suivantes :

Dans l'Himalaya, les *Otoceras* possèdent des cloisons assez compliquées et sont associés à une faune d'Ammonoïdés et de Lamellibranches à caractère déjà triasique; par contre ceux de l'Arménie paraissent offrir des cloisons de type moins évolué et coexistent avec une faune de cachet archaïque comprenant en particulier deux genres franchement paléozoïques, *Productus* et *Goniatites*.

Dans mes Notes précédentes sur Djoulfa [1] et sur la découverte des couches à *Otoceras* dans le Daralagœz [2], je me suis borné à énumérer les niveaux permiens et triasiques, sans examiner leurs relations avec les couches équivalentes de l'Himalaya.

Une étude approfondie de l'ensemble des faunes permo-triasiques que j'ai récoltées dans mes expéditions antérieures m'a permis de découvrir deux faits nouveaux qui m'ont amené à des conclusions différentes de celles de mes devanciers.

---

(1) Pierre Bonnet, *Note préliminaire sur la constitution géologique de la gorge de Djoulfa et de ses environs* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1912, p. 312).

(2) Pierre Bonnet, *Sur le Permien et le Trias du Daralagœz* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1741).

1° J'ai pu reconnaître que parmi les *Otoceras* d'Arménie se trouvent des formes non encore connues de cette région qui présentent des cloisons en tous points semblables, comme nombre et caractères de leurs éléments, à celles des espèces de l'Inde *O. Draupadi* Dien., *O. Clivei* Dien. et *O. undatum* Griesb.; que, de plus, les cloisons des espèces figurées par Abich (¹) (*O. djoulfense* Ab., etc.), incomplètement représentées par cet auteur, se rapprochent en réalité de l'*O. Woodwardi* de l'Himalaya.

Par conséquent l'ensemble des espèces de l'une et de l'autre région peut être considéré comme se trouvant au même stade d'évolution.

2° J'ai constaté que la partie supérieure des couches à *Otoceras* du Daralagœz renferme plusieurs espèces que je n'avais pas encore signalées, appartenant les unes au genre *Ophiceras*, notamment *O. tibeticum* Griesb., les autres à des formes ornées voisines de celle signalée par Griesbach et Diener dans les « Otoceras-beds » comme *Danubites himalayanus* Griesb. (*non Xenodiscus himalayanus* von Krafft). Il y a donc là une analogie de faune d'Ammonoïdés incontestable.

En outre de ces deux points nouvellement acquis, je rappellerai que j'ai déjà fait connaître, tant à Djoulfa que dans le Daralagœz, la persistance au Trias inférieur du genre *Goniatites* : sa présence dans les couches à *Otoceras* ne peut donc plus être invoquée pour interdire une corrélation d'âge entre les *Otoceras* himalayens et ceux d'Arménie. Enfin j'ai montré également l'identité de situation stratigraphique des couches à *Otoceras* des deux régions, surmontées ici et là par les couches à *Xenodiscus* werféniennes, et couronnant les couches à *Productus*.

En présence de ces différents faits, je crois qu'il faut cesser de considérer les *Otoceras* d'Arménie comme plus anciens que ceux de l'Himalaya, et qu'il faut par conséquent tenir pour synchroniques les couches qui les renferment dans chacune de ces deux contrées.

Une seule objection peut être encore soulevée contre une telle conclusion : c'est le fait de la persistance du genre *Productus* dans les couches à *Otoceras* transcaucasiennes, alors que dans l'Inde ce même genre ne survit pas à l'apparition d'*Otoceras*.

Mais d'abord, étant donné que l'on établit les synchronismes de préférence au moyen des Ammonoïdés, il semble illogique de se départir ici de ce prin-

---

(¹) H. Abich, *Geologische Forschungen in den kaukasischen Ländern. Eine Bergkalkfauna aus der Araxesenge bei Djulfa in Armenien*. Wien, 1878.

cipe pour faire jouer à un genre de Brachiopodes un rôle aussi important, qui lui attribuerait précisément la priorité sur les Ammonoïdés.

De plus, et surtout, j'estime que cette différence d'association faunique entre les deux régions doit être considérée comme une question de faciès. L'Himalaya est en effet un géosynclinal plus bathyal que le géosynclinal transcaucasien; la transgression permo-triasique s'y traduit par des phénomènes plus énergiques, l'approfondissement s'y manifeste plus accentué, entraînant ainsi un changement rapide dans les conditions bathymétriques de la fin de l'époque permienne, et par suite une transformation brusque de la faune néritique à *Productus* en une faune d'Ammonoïdés et de Lamellibranches d'eau profonde. Dans le géosynclinal transcaucasien, la transgression amène un approfondissement moins prononcé et plus lent: les couches à *Otoceras* conservent encore une partie des éléments néritiques du Permien, et leur faune d'Ammonoïdés est une faune himalayenne appauvrie. L'épanouissement de ces derniers aurait donc été favorisé par la profondeur des eaux du géosynclinal himalayen due à la transgression permo-triasique; mais celle-ci cheminant de l'Est à l'Ouest, les conditions nécessaires à leur existence n'auraient pu être encore réalisées à ce moment dans les géosynclinaux occidentaux à l'ouest de l'isthme caucasien. Ainsi pourrait s'expliquer le peu d'extension du genre *Otoceras*, connu jusqu'à présent seulement en ces deux points du globe, Himalaya et Arménie. L'insuffisance des recherches dans la partie du continent asiatique qui sépare ces deux régions y laisse espérer la découverte probable de couches à *Otoceras*; mais celles-ci n'ont jamais été trouvées, en deçà de l'Arménie, en aucun point des géosynclinaux du système alpin, caractérisés alors d'une façon générale par des formations néritiques.

Cette interprétation semble d'autant plus justifiée qu'en Transcaucasie les couches à *Otoceras* de Djoulfa renferment un nombre beaucoup plus considérable de *Productus* que celles du Daralagœz, où la diminution du nombre des Brachiopodes va de pair avec l'augmentation inverse du nombre des Ammonoïdés. Or le Daralagœz doit être considéré comme présentant des formations plus bathyales que Djoulfa, ainsi que je l'ai indiqué dans plusieurs de mes Notes antérieures.

La coexistence des Productus *avec les* Otoceras *arméniens paraît donc devoir être regardée comme un indice du caractère néritique du faciès des couches qui les renferment, mais non de leur ancienneté.*

Le synchronisme des couches à *Otoceras* de l'Himalaya et de celles d'Ar-

ménie étant admis, toute coupure qui sera instituée en Inde devra être adoptée pour l'Arménie et réciproquement. L'ancienne opinion qui rangeait les *Otoceras* arméniens dans le Permien et ceux de l'Himalaya dans le Trias ne peut être soutenue : les uns et les autres doivent être placés sur le même niveau.

Il y aura donc lieu ou bien d'abaisser dans le Permien supérieur les couches à *Otoceras* himalayennes, ou bien de monter les couches à *Otoceras* et *Productus* de l'Arménie dans le Trias.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'origine et les caractères morphologiques des rideaux en pays crayeux.* Note [1] de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai expliqué, dans une précédente Note [2], la genèse des formes de terrain appelées « rideaux » en Picardie, par des glissements superficiels de l'argile à silex détrempée par les eaux de pluie.

La formation de ces curieux ressauts du modelé des pentes implique certaines conditions géologiques, topographiques et climatiques des affleurements de la craie, elle entraîne aussi certaines conséquences que je me propose d'examiner.

1° Au point de vue géologique, les « rideaux » ne peuvent prendre naissance si l'argile à silex ne renferme pas une proportion suffisante d'argile.

Je n'envisagerai pas ici le cas des grandes épaisseurs de cette roche d'altération dont l'origine a été diversement expliquée. C'est ainsi que Albert de Lapparent [3] a admis que, à l'exemple des gîtes calaminaires, ces argiles résultent d'une décalcification de la craie par des eaux ascendantes chargées d'acide carbonique, sous une couverture d'argiles et de sables tertiaires. Au contraire, l'argile à silex que j'ai observée forme toujours un mince manteau, sur les pentes crayeuses, avec épaississements au niveau des « rideaux ». Et il m'a paru manifeste que partout elle résultait d'une décalcification de la craie suivant les lignes d'affleurement.

Il en résulte que la composition lithologique de la roche superficielle qui nous occupe est essentiellement fonction de celle de la craie sous-jacente.

Dans la région picarde que j'ai parcourue, elle renferme une assez forte proportion d'argile. J'ai fait la même constatation sur la craie à *Micraster* de la vallée de l'Eure,

---

(1) Séance du 4 août 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 145.

(3) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 19, p. 305-312.

entre Reuilly et La Croix-Saint-Leufroy. Or ces régions sont remarquables par le beau développement des « rideaux ».

Par contre, dans la vallée de l'Eure, entre Chartres et Maintenon, la craie à *Echinocorys* montre une couverture d'argile à silex particulièrement riche en rognons siliceux, parfois énormes, avec une assez faible proportion d'une argile plus ou moins sableuse. Ici les « rideaux » sont complètement absents.

2° Au point de vue topographique, il n'a pas échappé à mes devanciers que les « rideaux » n'existent que sur les pentes des vallées crayeuses. Ce fait vient à l'appui de l'origine que je leur attribue; il est également conforme à la thèse d'Albert de Lapparent, qui explique ces accidents de terrain par l'aménagement, sur les versants, de terrasses mieux susceptibles d'être labourées. Mais on ne conçoit pas, dans l'interprétation de Lasne, la localisation de ces ressauts sur les flancs de vallées; on devrait, en ce cas, en retrouver sur les plateaux limoneux, puisqu'il s'agit de dénivellations par failles avec 10^{m} et même 20^{m} de rejet.

Lasne a admis, en faveur de sa théorie, que les diaclases sont grossièrement parallèles à la direction des vallées, qui trahissent elles-mêmes les ondulations du Crétacé (1). Or, j'ai fait remarquer que les « rideaux » des valleuses de la Picardie subissent des inflexions capricieuses qui ne sont pas en rapport avec les cassures régulières. En réalité, ces diaclases forment des surfaces cylindriques très irrégulières, qui, entre Orival et Mers, recoupent la falaise marine sous des angles très variables, parfois même tangentiellement. D'ailleurs, les « rideaux » ne se présentent pas forcément suivant les directions plus ou moins parallèles au thalweg des valleuses; je les ai vu également recouper transversalement ces vallées suspendues, notamment vers leur tête. Je les ai même vu contourner les croupes crayeuses pour se poursuivre dans la valleuse voisine, chaque fois que cette croupe est inclinée vers la mer.

Ainsi, la répartition des « rideaux » est en rapport étroit avec l'inclinaison des lignes d'affleurements de la craie.

J'ai recherché la cause déterminante des lignes d'arrêt de l'argile à silex en voie de progression. L'observation des falaises crayeuses m'a fourni, à ce sujet, une explication qui m'a semblé assez générale sinon exclusive.

J'ai d'abord constaté que le fond des valleuses est encombré par des accumulations importantes de ces produits d'altération superficielle et j'ai pensé que, normalement, si aucun obstacle ne s'opposait à l'*écoulement* de l'argile à silex, celle-ci devrait toujours finir par s'entasser sur la ligne de thalweg. Mais j'ai remarqué, dans la coupure de la falaise, que chaque « rideau » coïncidait avec une rupture de pente du substratum crayeux, accident qui semble lier indirectement à d'anciennes terrasses d'abrasion de la craie, sans qu'il me soit possible de l'affirmer.

(1) Henri Lasne, *Comptes rendus*, t. **111**, 1890, p. 73.

La surface presque plane d'un grand nombre de « rideaux » s'explique facilement par l'accumulation du limon déposé par le ruissellement des pentes sur le bourrelet de l'argile à silex arrêté dans sa descente.

Il est possible que la culture ait, dans certains cas, contribué à cet aplanissement, mais je ne crois pas que cette transformation de main d'homme soit très sensible lorsqu'il s'agit de ressauts limités par des escarpements de 10^m à 20^m de hauteur.

3° Enfin, je ne doute pas que le climat ait joué un rôle important dans la genèse de ces curieuses formes de terrain de la craie du bassin de Paris. Seul, un climat assez humide, avec pluies fines assez fréquentes, paraît devoir favoriser leur formation, en maintenant assez longtemps la plasticité de l'argile à silex; sinon, les « rideaux » devraient se rencontrer fréquemment ailleurs, partout où affluent des terrains argileux avec alternances de bancs non délitables de grès ou de calcaires.

Dans la vallée du Rhône, par exemple, les argiles néogènes subissent, sous l'action de la pluie, un autre mode de désagrégation superficielle; elles se détachent par paquets superposés en gradins étagés qui ont parfois induit en erreur sur l'ordre stratigraphique des argiles et des grès ainsi éboulés.

Dans l'Afrique du Nord ce phénomène n'est pas rare. Je l'ai souvent constaté en Algérie occidentale et au Maroc, dans les argiles helvétiennes, et M. L. Joleaud l'a signalé dans sa thèse à El Hadj Baba et Aïn el Bey (Constantine), dans les argiles tortoniennes et pontiennes.

On sait que, dans ces pays méditerranéens, les chutes atmosphériques se font par saccades et portent sur un nombre de jours bien moindre, au cours d'une année.

MÉTÉOROLOGIE. — *La variation diurne de la vitesse du vent dans l'atmosphère.* Note [1] de M. **J. Rouch.**

Dans les couches élevées de l'atmosphère on observe une variation diurne de la vitesse du vent différente de celle qu'on observe au voisinage du sol : la vitesse du vent est maximum pendant la nuit et minimum pendant le jour. Ce résultat a été mis particulièrement en évidence par les observations de M. Angot au sommet de la Tour Eiffel, à 305^m d'altitude. Une variation diurne analogue a été aussi observée au sommet des montagnes.

Les sondages aérologiques exécutés à différentes heures de la journée

(1) Séance du 15 juillet 1919.

permettent d'apporter sur cette question des documents nouveaux qui ont l'avantage de donner les conditions de l'atmosphère libre.

Dans la série des observations des stations maritimes faites pendant l'été 1918, nous avons mis à part tous les sondages ayant atteint le même jour, dans la matinée et dans l'après-midi, une altitude assez grande. Nous avons pu ainsi comparer à des altitudes diverses la vitesse du vent du matin et de l'après-midi, et dresser le Tableau suivant qui indique les différences moyennes de ces vitesses en mètres par seconde.

Le signe + correspond aux vitesses de l'après-midi supérieures aux vitesses du matin, le signe — aux vitesses du matin supérieures à celles de l'après-midi.

Stations.	Heures des sondages.	Altitudes (en mètres). 0.	200.	400.	600.	800.	1000.	1500.	2000.	2500.	3000.	3500.	4000.
Oran : 58 sondages	7ʰ et 16ʰ	+4,7	+2,7	+0,4	—0,9	—1,7	—1,4	—0,4	—0,2	+0,4	+1,8		
Bayonne : 44 sondages	7 et 13	+3,7	—0,4	—2,3	—2,1	—0,9	—0,4	—0,3	—1,1	—0,9	—0,1		
Cette : 69 sondages	7 et 13	+1,2	—0,8	—2,2	—1,6	—1,5	—1,7	—1,3					
Le Havre : 21 sondages	7 et 13	+2,5	+0,5	—1,8	—2,0	—1,5	—1,0	—1,2					
Rochefort : 36 sondages	7 et 12	+1,5	—4,6	—3,6	—3,2	—2,1	—0,8	—0,7	—0,8	—0,2	0,0		
Saint-Cyr : 40 sondages	6 et 14	+1,7					—0,8		+0,6		+0,5		+0,3

Ce Tableau montre que la vitesse du vent du matin est supérieure à la vitesse du vent de l'après-midi à 200ᵐ à Bayonne, à Cette, à Rochefort; entre 200ᵐ et 400ᵐ au Havre; entre 400ᵐ et 600ᵐ à Oran. On sait qu'à Paris, à 300ᵐ de hauteur, la vitesse du vent présente un maximum pendant la nuit et un minimum pendant le jour.

La vitesse du vent du matin reste supérieure à la vitesse du vent de l'après-midi jusqu'à une altitude voisine de 2000ᵐ, mais la plus grande différence entre les deux vents s'observe au-dessous de 1000ᵐ.

Entre 2000ᵐ et 3000ᵐ la différence des deux vents est très faible et l'on peut admettre qu'à cette altitude il n'y a pas de variation diurne du vent.

Au-dessus de 3000ᵐ, les observations paraissent montrer que le vent de l'après-midi est plus fort que le vent du matin.

Les 58 sondages d'Oran donnent, à 3000ᵐ, une différence de 1ᵐ,8 à

l'avantage du vent de l'après-midi. Plus haut les observations moins nombreuses donnent les résultats suivants :

	3500m.	4000m.	4500m.	5000m.	5500m.	6000m.
Nombre d'observations....	41	33	23	22	14	13
Différence..............	+1,3	+1,1	+0,5	+0,6	+0,4	+0,6

A Saint-Cyr, 14 observations à 6000m donnent une différence de + 2m,0. Sur ces 14 observations, 9 ont donné des vents plus forts l'après-midi que le matin, 2 des vents égaux, 3 des vents inférieurs.

A Bayonne, 15 observations à 5000m donnent une différence de + 0m,5, 11 observations à 6000m donnent une différence de + 0m,5.

Sur ces 26 observations, 15 donnent un vent plus fort l'après-midi que le matin, 5 des vents égaux, 6 des vents inférieurs.

Ces observations sont encore trop peu nombreuses pour que l'on puisse en tirer des conclusions définitives sur l'existence d'une variation diurne du vent au-dessus de 3000m de hauteur, mais il est curieux de constater qu'en des régions différentes, les résultats sont concordants pour assigner au vent de l'après-midi une vitesse un peu supérieure à la vitesse du vent du matin.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision scientifique du temps par la prévision* chiffrée *des variations barométriques*. Note de M. **Gabriel Guilbert**, présentée par M. Bourgeois.

L'observation du baromètre, depuis sa découverte, est la base primordiale de toute prévision du temps. Les nuages constituent également une base des plus importantes. Cependant les dépressions et les anticyclones restent les facteurs essentiels du beau et du mauvais temps.

Notre Ouvrage *Nouvelle méthode de prévision du temps* fait abstraction du facteur « nuages et succession nuageuse ». Il veut indiquer les moyens de prévoir les variations de pression et leur valeur approximative.

Ainsi notre règle n° 1 dit : *Tout vent en excès déterminera la hausse du baromètre* dans les 24 heures, *hausse le plus souvent proportionnelle à l'excès du vent constaté.*

D'après ce texte, la hausse devient le fait certain : sa valeur quantitative est une approximation.

Toutes les causes de hausse réunies, vents violents au centre du cyclone et sur toute sa périphérie, amèneront le maximum de hausse possible : en fait, + 30mm environ.

L'absence d'une cause de hausse, par exemple le calme du centre au lieu d'un vent violent, ne permettra plus de prévoir ces $+30^{mm}$: on n'obtiendra que $+20^{mm}$ ou $+25^{mm}$.

Si les vents tempétueux n'existent que sur deux ou trois points de la périphérie, il ne faudra prévoir qu'une hausse partielle : 15^{mm} environ. S'il s'agit de vents seulement forts, encore en excès, la hausse sera voisine de $+5^{mm}$. Et si les vents sont simplement normaux, le baromètre restera stationnaire.

De plus, une baisse barométrique considérable de -20^{mm} ou -25^{mm} exigera, pour être vaincue, un vent beaucoup plus violent, à gradient égal, que si la baisse n'était que de -5^{mm} à -10^{mm}. Nous avons fait ressortir ces nuances essentielles dès 1891.

Pour les prévisions en baisse, notre règle n° 11 dit : *Des vents de force inférieure à la normale entraîneront*, dans les 24 heures, *une baisse barométrique, le plus souvent proportionnelle à l'anomalie constatée.*

Donc la baisse sera une certitude; le chiffre de la variation, une approximation.

Toutes les causes de baisse réunies amènent au plus dans nos contrées -40^{mm} en 24 heures (¹) : une seule cause de baisse ne produira évidemment qu'une fraction de cette oscillation maximum.

Une dépression se présente avec -10^{mm}; il faut examiner s'il s'élève contre cette baisse une résistance : dans l'affirmative, la baisse ne se propagera qu'en s'atténuant. Au contraire, si de forts vents divergents se présentent jusqu'au delà de la zone de baisse, le chiffre initial de -10^{mm} ne pourra que s'accentuer et l'on pourra prévoir -12^{mm}, -15^{mm}, -20^{mm} selon le degré de vitesse des vents divergents observés.

La hausse, comme la baisse, se propage à l'infini : il faut une action opposée, sur un point quelconque, pour en limiter l'extension; c'est la base de nos prévisions, quant à la situation future de l'isanomale zéro variation.

Notre règle n° 20 enseigne que la pression se dirige de droite à gauche, perpendiculairement aux directions respectives des vents; rien de plus simple dès lors que de mener des droites sur les vents convergents : le point où ces droites se rencontreront sera celui du *maximum* de hausse barométrique.

(¹) On a observé une seule fois -42^{mm} le 8 décembre 1886.

Pour déterminer le point inverse, maximum de baisse, la construction graphique sera simplement opposée.

Donc, contrairement aux critiques de certains auteurs, tels MM. Dunoyer et Reboul ([1]), notre méthode donne toujours la possibilité de prévoir les variations de pression, avec une approximation suffisante pour la prévision du temps. Avec un peu d'étude et de logique, on obtient, dans la majorité des cas, le chiffre exact ou à 1^{mm} près. Mais il suffit d'obtenir une approximation à 50 pour 100 pour considérer, à juste titre, la prévision comme réussie. Prévoir en effet $+10^{mm}$ sur une région où la baisse est considérable et constater le lendemain, à 24^{h}, $+5^{mm}$ au lieu et place de la baisse est un réel succès, puisque, sans la méthode, il eût été impossible de prévoir autre chose que le fait existant, c'est-à-dire la continuation de la baisse.

MM. Dunoyer et Reboul nous invitent à considérer les sondages, capables d'améliorer nos prévisions quotidiennes « notoirement vagues et insuffisantes », mais ces sondages sont repoussés, en principe, par notre méthode. En effet, les courants aériens des hautes régions sont assimilables aux vents observés en montagne : or ces vents n'ont jamais d'action sur les futures variations de pression à la surface du sol. Ils sont inopérants, donc inutilisables, comme les sondages.

Quant aux tendances, ainsi que nous l'avons déjà dit, nous considérons personnellement, après expérience, l'étude des tendances comme devant causer plus d'échecs que de succès. La tendance, d'ailleurs, est nettement soumise aux vents de surface, seuls maîtres des futures variations de pression. Elle peut donner, sans doute, quelques indications précises, mais de 12 heures en 12 heures, et mieux, de 6 heures en 6 heures. C'est de la prévision régressive. Le progrès consiste, en effet, à s'orienter vers des prévisions à plus longue échéance : 24, 36, 48 heures même.

Notre méthode y conduit : elle y parviendra lorsqu'on pourra tracer la carte isobarique de l'Océan, à 1200^{km} ou 1500^{km} au large de nos côtes. Et l'observation des nuages, des « successions nuageuses », est infiniment plus utile à la prévision que les sondages et les tendances. C'est, du moins, notre avis personnel.

Notre méthode, selon M. Shaw, cité par MM. Dunoyer et Reboul, serait « inconsistante ». Cette opinion, quelque peu imprécise, est absolu-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 78.

ment contredite par les appréciations formelles de MM. Gallé, Grossmann, Dechevrens, etc., comme de MM. Léon Teisserenc de Bort, Bernard Brunhes, etc. Elle ne peut tenir devant les faits, irrécusables, que sont nos prévisions du Concours de Liége, et celles que je fais quotidiennement, prévisions *chiffrées* quant à la pression barométrique (et même pour la température), malgré une grande insuffisance de renseignements due à l'état de guerre et à d'imparfaites communications télégraphiques.

Qu'on veuille bien, l'objection serait trop puérile, ne pas expliquer le succès de ces prévisions de Liége ou de Paris par une habileté personnelle et dès lors incommunicable : il suffit, pour réussir, d'étudier et de raisonner, d'après des principes clairs, démontrés par l'expérience, par la théorie même, et bientôt, nous voulons l'espérer, par le calcul.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos de l'hérédité des fascies de* Capsella Viguieri. Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

La plante unique, qui a donné naissance à la nouvelle espèce *Capsella Viguieri*, nommée et décrite en 1910 ([1]), a fourni depuis chaque année de nombreux descendants ayant conservé tous les caractères notés sur les trois premières générations. Je les ai observés sur les semis de 1918 de M. G. Shull, à l'Université de Princeton (New-Jersey) et, chaque année, au Laboratoire de Physique végétale de Meudon (Seine-et-Oise) où la lignée se propage spontanément. Les individus étudiés et récoltés au début de juillet 1919 appartiennent à la douzième génération, et je puis affirmer que cette *mutation typique* fournit le meilleur exemple actuellement connu de naissance brusque d'une espèce.

Les caractères décrits avec détails en 1910 ([2]) sont résumés dans la diagnose :

« *Capsella Viguieri* Blaringhem. Annuelle, tiges fortes atteignant 80^{cm}, à *souche épaisse fréquemment fasciée*, rameuse et buissonnante; *feuilles* radicales d'un vert sombre, longues, *ovales légèrement dentées*, en rosette dense; grappes compactes de

([1]) Blaringhem et Viguier, *Une nouvelle espèce de Bourse à pasteur*, Capsella Viguieri *Blar.*, *née par mutation* (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 988).

([2]) *Les mutations de la Bourse à pasteur* (Capsella Heegeri *Solms;* C. Viguieri *Blar.*) (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. 44, 1910, p. 275-319, pl. VI).

fleurs à 4 *sépales rouge verdâtre*, 4 pétales blancs de 1^{mm}-2^{mm}, 6 étamines; *ovaire composé de 4 carpelles* donnant un fruit globuleux à 4 valves déhiscentes, presque aussi larges que hautes; *axe du fruit persistant et en forme de massue.* »

Cette espèce présente, comme caractère constant, la tendance très prononcée à donner des tiges fasciées. Il n'en existe pas d'autre exemple, à ma connaissance, que la Crête de Coq (*Celosia cristata*, L.), plante ornementale importée de l'Inde en Europe vers 1570. J'examine rapidement les points communs et divergents de ces deux monstruosités fixées :

1° Les jeunes plantules se développent comme celles de leurs congénères ; les feuilles groupées en spirales régulières, denses, sont distribuées symétriquement par rapport à un axe jusqu'à l'apparition des boutons. Avant cette période, l'horticulteur, qui recherche les Crêtes de Coq les plus larges, reconnaît le meilleur plant aux rosettes les plus fortes et le repique en godet, sous verre, en terreau très fertile. Le semis sous couche et le repiquage ne sont pas nécessaires pour *Capsella Viguieri;* les plantes ensemencées spontanément sur les sentiers battus sont toutes assez robustes pour donner des fascies; cependant le repiquage augmente la vigueur de la rosette, ralentit la montée et donne des individus tardifs, trapus, qui atteignent 60^{cm} de haut avec des axes fasciés de 30^{mm} de large. Par analogie, on peut dire que la culture sous verre des Crêtes de Coq n'est indispensable qu'à cause de l'origine semi-tropicale du genre *Celosia;* elle ne provoque pas l'état de fascie, mais les soins donnés à la plantule et surtout les rempotages successifs, en prolongeant le stade rosette, augmentent notablement l'étalement de la fascie. L'effet des conditions de croissance sur l'état adulte peut être mesuré en comparant les *compacités* des grappes développées après 0, 1 ou 2 repiquages. Chez *Capsella Viguieri*, les plants non repiqués donnent en moyenne 15 fruits sur les 5 derniers centimètres des axes (compacité 30); les plants repiqués une fois 150 fruits (compacité 300). C'est un réactif excellent des bonnes conditions de nutrition du jeune âge, qui pourrait être utilisé avec avantage pour l'étude comparée de l'influence des pratiques culturales ou des fumures, sur le développement des légumes consommés à l'état de rosettes (salades, choux, poireaux).

2° Sous notre climat, *Celosia cristata* ne résiste pas à l'hiver; *Capsella Viguieri* est très résistant. Les plus belles fascies se développent sur les plantes ensemencées en juin, repiquées à l'automne; elles apparaissent au cours de l'hiver et s'étalent jusqu'en avril.

Voici les résultats des mesures faites sur 48 plantes cultivées à Bellevue, en 1918-1919 :

Largeur des fascies en millimètres.	3.	5.	7.	9.	11.	13...	21....	27.
Nombre de plantes............	5	14	19	3	2	2	2	1

Les axes principaux sont presque tous rubannés, tordus en spirales; leurs crêtes se roulent en crosse et la plupart des fleurs avortent; mais les axes secondaires, très vigoureux, s'étalent en balais, chacun d'eux donnant une fascie circulaire formant à l'extrémité une sorte de houppe rappelant celle des fleurs stériles du *Muscari comosum*.

Chez *Celosia*, la plante arrive rarement à l'état adulte et les caractères sont ceux du stade jeune, ou stade d'hiver, de *Capsella Viguieri*.

3° Hugo de Vries a mis en évidence une relation entre les fascies et les plantules tricotylées; chez *Amaranthus retroflexus*, il a sélectionné une lignée donnant jusqu'à 25 pour 100 de tricotylées et souvent de belles fascies. Mais c'est là un caractère de demi-race non fixée. Par contre, chez *Celosia cristata* à fascies fixées, le pourcentage des tricotylés ne s'élève pas au delà de 2; chez *Capsella Viguieri*, sur près de 3000 plantules examinées en 1919, j'ai trouvé 4 tricotylés.

En résumé, l'état de fasciation est un caractère bien fixé pour *Capsella Viguieri* comme pour *Celosia cristata*. Ce caractère s'étale avec d'autant plus d'ampleur que les conditions de croissance de rosette sont plus favorables au développement végétatif, conditions qui donnent les légumes bien tournés.

BOTANIQUE. — *Sur le chondriome et les formations ergastoplasmiques du sac embryonnaire des Liliacées*. Note (¹) de M. A. **Guilliermond**, transmise par M. Gaston Bonnier.

L'étude des différenciations cytoplasmiques du sac embryonnaire des Liliacées a été l'objet d'importantes recherches qui ne paraissent pas avoir apporté de résultats définitifs. Les formations ergastoplasmiques décrites par les frères Bouin tendent aujourd'hui à être considérées comme des artifices de préparation. Le chondriome que nous avons mis en évidence pour la première fois dans le sac embryonnaire de *Lilium candidum* a été retrouvé par Orman qui le considère comme distinct de l'ergastoplasme. Le même auteur décrit en outre la production de boules deutoplasmiques déjà signalées par les frères Bouin et par nous et qui d'après lui seraient de nature graisseuse. Il n'admet pas que le chondriome joue un rôle dans leur production.

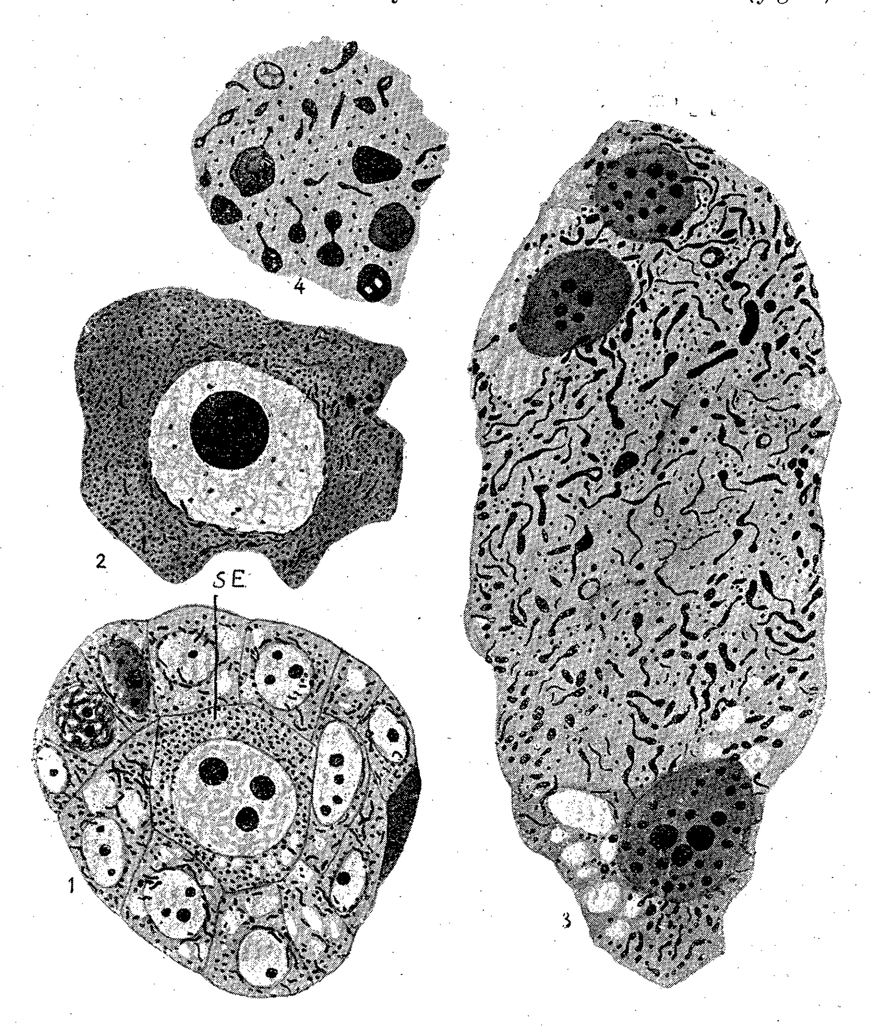
Nos recherches ont eu pour objet le sac embryonnaire de *Lilium candidum* et de *Lilium croceum* qui présentent des phénomènes tout à fait superposables.

La méthode de Regaud s'est montrée la plus favorable et permet de suivre toute l'évolution du chondriome.

(¹) Séance du 28 juillet 1919.

Les cellules du nucelle, avant la différenciation du sac embryonnaire, renfermant des mitochondries granuleuses et des chondriocontes pas très allongés.

Dès sa différenciation, le sac embryonnaire offre un chondriome (*fig.* 1) exclusi-



1. Nucelle et sac embryonnaire (SE) au début de sa différenciation dans *Lilium croceum*. — 2. Sac embryonnaire de *Lilium croceum* un peu avant la première mitose. — 3. Sac embryonnaire de *Lilium candidum* à un stade plus avancé. — 4. Fragment de cytoplasme du sac embryonnaire de *L. croceum* montrant des grains de sécrétion arrivés au terme de leur croissance (méthode de Regaud).

vement constitué par de nombreuses mitochondries granuleuses, souvent accouplées et paraissant subir de nombreuses divisions. Peu de temps après sa différenciation et bien avant la première mitose, il devient le siège d'une active production de grains de sécrétion (corpuscules paranucléaires des frères Bouin, boules deutoplasmiques

de Orman). Au moment de l'apparition de ces grains, le chondriome présente une richesse extrême (*fig.* 2); il est constitué par une infinité de mitochondries granuleuses plus petites que dans le stade précédent et dont les faibles dimensions et le plus grand nombre semblent être le résultat de nombreuses divisions répetées. On y observe en outre un certain nombre de chondriocontes assez allongés provenant selon toute vraisemblance de la croissance de quelques-unes des mitochondries granuleuses. On constate avec la plus grande netteté toutes les formes de transitions entre ces chondriocontes et les grains de sécrétion. Les chondriocontes, dont le nombre augmente rapidement, produisent sur leur trajet de petits renflements qui leur donnent un aspect moniliforme. Ces renflements grossissent peu à peu, tandis que les parties effilées qui les réunissent se résorbent.

Ainsi se forment de gros corpuscules, conservant parfois pendant quelque temps un appendice effilé, reste du chondrioconte formateur (*fig.* 2 à 4). Ces grains se colorent d'abord comme les chondriocontes qui leur ont donné naissance. Au moment de leur maturité, ils présentent souvent des aspects concentriques bien décrits par Orman, avec un granule central entouré d'une série de zones concentriques sidérophiles (*fig.* 5), le reste étant éosinophile. Parfois, ils montrent simplement une structure spongieuse. Les aspects qu'ils présentent à ce moment ne sont pas sans rappeler des figures myéliniques. Enfin, ces grains ne tardent pas à devenir purement éosinophiles et à se dissoudre dans le cytoplasme.

L'étude de leur naissance semble bien prouver que, contrairement à l'opinion de Orman, ces corps ont une origine mitochondriale. Une particularité à signaler est que les chondriocontes qui leur donnent naissance subissent au moment de leur formation des variations dans leur chimisme qui se traduisent par le fait que leur coloration par l'hématoxyline devient moins stable. Aussi, selon que l'on prolonge plus ou moins la régression, on peut obtenir des préparations où seules sont différenciées les mitochondries granuleuses qui ne participent pas à l'élaboration, ainsi qu'un petit nombre de chondriocontes venant de se former, et d'autres où apparaissent à la fois tous les éléments du chondriome et les grains de sécrétion.

La production de ces grains de sécrétion n'est pas limitée à la période qui précède la division nucléaire, comme l'ont admis les frères Bouin et Orman. Elle se poursuit pendant toute la durée du développement du sac embryonnaire.

Les préparations fixées et colorées par la méthode de Benda montrent des altérations très accusées du cytoplasme, qui semblent s'expliquer par le fait que l'acide osmique ne pénètre que très difficilement dans le sac embryonnaire. Tous les éléments du chondriome apparaissent sous forme de vésicules peu chromophiles. Ces préparations ne donnent qu'une idée inexacte des phénomènes cytoplasmiques et ne permettent pas de suivre la formation des grains de sécrétion, ce qui explique que Orman, qui s'est surtout servi de cette méthode, n'ait pas constaté les relations qui existent entre le chondriome et les grains de sécrétion. Sous l'influence de la mauvaise fixation, ces grains subissent une forte dilatation et se présentent presque tous avec une structure concentrique très délicate. D'assez nombreux globules osmio-réducteurs se trouveraient dans le cytoplasme et la plupart semblent occuper le centre des grains de structure concentrique. Aussi pourrait-on admettre avec Orman que les grains de sécrétion ont une nature lipoïde.

Les préparations fixées par les liquides de Bouin ou de Lenkossik offrent des altérations beaucoup plus marquées : on n'y distingue plus aucune trace de mitochondries; cependant le cytoplasme présente une apparence filamenteuse et renferme des sphérules concentriques très délicates, à peine colorables. Nous pensons que ces différenciations, qui correspondent aux formations ergastoplasmiques des frères Bouin, sont attribuables à l'altération sous l'influence de la fixation des chondriocontes en voie d'élaborer les grains de sécrétion et de ces grains eux-mêmes.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur les propriétés spectrales de quelques hémoglobines d'Annélides.* Note de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Yves Delage.

Au cours de recherches spectrophotométriques sur les sangs de quelques Annélides, nous avons pu mettre en évidence dans ces complexes un certain nombre de propriétés qui laissent entrevoir sous un aspect inusité la constitution de quelques hémoglobines d'Invertébrés.

1. *Oxyhémoglobines.* — L'examen spectrophotométrique de sangs totaux, frais et oxygénés d'Arénicole (*Arenicola piscatorum* Lk.) et de Marphyse (*Marphysa sanguinea* Quatref.) montre, par rapport aux sangs totaux connus des Mammifères et à l'oxyhémoglobine cristallisée de ceux-ci, de petites discordances quantitatives apparaissant dans les rapports des coefficients d'absorption [1] pour les diverses longueurs d'onde. En particulier le rapport des sommets des deux bandes α et β est inférieur au rapport correspondant des Mammifères. Exemple : sang total d'Arénicole, $0,95 \pm 0,04$; de Marphyse, 0,88; de Chien, 1,05; Oxyhémoglobine cristallisée de Cheval, 1,04. On pourrait penser que les anomalités des rapports résultent de la superposition à l'oxyhémoglobine d'autres pigments, par exemple d'un reste d'hémoglobine réduite : mais la constance de ces rapports dans les divers individus et les diverses conditions expérimentales rend cette hypothèse douteuse.

L'examen quantitatif a montré, en outre, que les sommets spectrophotométriques des bandes α et β de l'Arénicole sont très légèrement décalés par rapport à ceux des Mammifères ($1^{m\mu}$ à $2^{m\mu}$ vers les courts λ); pareil décalage a été présenté par un échantillon de Lombric (*Lombricus terrestris* L.), non par celui de la Marphyse.

(1) Définis par $I = I_0 . 10^{-Kcl}$.

2. *Hémoglobines réduites.* — Les discordances deviennent ici plus importantes. Comparée à la bande de Stokes du Mammifère, la bande de Stokes de l'Arénicole a son maximum photométrique nettement décalé, ce qui correspond bien à une différence notée par Peyréga. Mais il y a plus : la bande de Stokes est ici hétérogène, et formée de deux composantes contiguës que sépare la mesure spectrophotométrique, et qu'on peut mettre ensuite en évidence par une dilution convenable (sommets photométriques : $\lambda\,565^{m\mu}$ et $550^{m\mu}$).

La composante de plus grand λ est la plus forte. Le spectre donne l'impression d'un mélange d'hémoglobine réduite et d'un hémochromogène (ou plusieurs), et l'on se demande au premier abord si une réduction trop brutale n'a pas scindé une portion de l'oxyhémoglobine, la fragilité de la protéide pouvant être ici plus grande que chez les Mammifères.

Mais les rapports spectrophotométriques n'ont pas de modification notable d'un échantillon à l'autre, malgré des tentatives expérimentales pour modifier la brutalité de la réaction; de plus on peut superposer à ce spectre de vrais hémochromogènes de scission, qui n'ont pas les mêmes caractères. Il s'agirait donc, soit d'hématines libres spéciales existant initialement dans le sang de l'animal, soit d'une hémoglobine réduite particulière dont la copule colorée offrirait une certaine indépendance, et où la combinaison radicale protéique-hémochromogène laisserait transparaître les caractères optiques ou chimiques de celui-ci.

Les diverses propriétés du complexe conservent une ambiguïté d'aspect qui les présente tour à tour en faveur de l'une ou l'autre hypothèse : la bande bifide est sensible à la salification, et ses composants se déplacent suivant que le milieu réducteur détermine un sel de Na ou de AzH^4, à la manière d'un hémochromogène. L'aération du complexe réduit redonne de l'oxyhémoglobine, d'apparence normale au moins qualitativement. L'examen spectrophotométrique de la région rouge dans le spectre du sang oxygéné initial ne montre pas de perturbation appréciable pouvant correspondre à une trace de bande d'hématine libre.

Le calcul indique d'autre part qu'un mélange d'hémoglobine réduite et de deux hémochromogènes différents et d'ailleurs très spéciaux serait *au moins* nécessaire pour rendre compte de l'aspect du spectre. Or les rapports des coefficients d'absorption pour les diverses longueurs d'onde sont pratiquement invariables pour une même espèce, ce qui nécessiterait des équilibres à liaisons quantitatives sensiblement fixes entre la protéide complète et les hémochromogènes coexistants. Cette constance donne donc à la

seconde hypothèse de grandes raisons de vraisemblance. La Marphyse présente une hémoglobine réduite de caractères analogues.

3. *Methémoglobines.* — Cette ambiguïté d'aspect se retrouve dans les methémoglobines. Peyrega a annoncé qu'il est impossible d'obtenir sur l'Arenicole la bande rouge classique de la methémoglobine acide ($\lambda 633^{m\mu}$). Le fait est exact, et provient de ce qu'on a d'emblée, même avec les agents les plus doux, un spectre d'aspect d'hématine acide (λ 648.(598).549.494; il est possible que la bande 598 soit due à une trace de la forme alcaline superposée. La forme alcaline correspondante a de même l'aspect d'une hématine alcaline (bande diffuse sur λ600). S'agit-il ici encore d'un mélange ou d'une protéide aberrante? La réduction donne cette hémoglobine réduite étrange vue plus haut, et non l'hémochromogène classique qu'on obtiendrait du même sang par les procédés ordinaires de scission.

4. *Coefficients de transformation équimoléculaire.* — On peut définir des coefficients de transformation équimoléculaire $\rho = \frac{\Delta K}{K}$ d'après la variation que subit un coefficient d'absorption K pour un certain λ, en passant d'un corps à un des dérivés de celui-ci (immédiat ou non), pourvu que la transformation soit moléculairement totale et que les deux corps soient ramenés à des concentrations équimoléculaires. Or il ne semble pas que la transformation de l'oxyhémoglobine, en hémochromogène par exemple, demande un même coefficient ρ chez l'Arenicole et chez le Cheval. Il y aurait donc, en tous cas, des différences moléculaires entre les deux hémoglobines.

Nous voyons donc, entre les sangs à hémoglobines de certains Invertébrés et ceux des Mammifères, paraître quelques discordances optiques qui, jusqu'à présent, ne pourraient guère s'interpréter avec vraisemblance que comme résultat d'une structure moléculaire aberrante de la protéide chez les premiers. Et il faut nous demander si le hasard ne nous met pas cette fois sur la trace de ces *protohémoglobines* qu'on a cherchées vainement jusqu'ici (¹).

(¹) Il n'est d'ailleurs pas impossible que ces phénomènes soient susceptibles d'une certaine généralisation en dehors du groupe des Annélides : des larves de Chironome nous ont fourni un sang à hémoglobine de caractères analogues; le rapport $\frac{\alpha}{\beta}$ valait 0,92; l'hémoglobine réduite était quantitativement très voisine de celle de l'Arénicole.

MORPHOLOGIE. — *Épiphyses et cartilage de conjugaison des Sauropsidés.* Note de M. L. Vialleton, présentée par M. Henneguy.

Les Oiseaux n'ont point d'épiphyses osseuses. L'ossification de leurs os longs diffère beaucoup de celle des Mammifères. Avant l'éclosion il ne se fait point d'os enchondral; sous la virole périchondrale les vaisseaux pénètrent dans le cartilage diaphysaire et le détruisent partiellement, mais ils ne le font pas disparaître régulièrement du centre aux extrémités, à travers toute la diaphyse. Ils creusent de larges canaux verticaux qui laissent subsister une partie importante du cartilage et qui ne s'accompagnent d'aucune formation osseuse.

A l'éclosion (Poulet) les extrémités des os longs sont encore entièrement cartilagineuses sur une assez grande longueur, mais bientôt le cartilage est attaqué par une série de vaisseaux verticaux, d'abord assez écartés les uns des autres, qui le découpent en larges travées directrices formées de plusieurs rangées de cellules. Du côté de l'extrémité osseuse ces travées se continuent avec du cartilage sérié issu d'un cartilage de conjugaison. Ce dernier n'est point plissé comme celui des Mammifères, il forme une voûte plus ou moins élevée, au-dessus de laquelle se trouve un cartilage épiphysaire renfermant de gros vaisseaux venus de deux sources : 1° de la périphérie de la tête cartilagineuse et en particulier de l'encoche d'ossification; 2° de la diaphyse, où quelques-uns des vaisseaux verticaux dépassent les autres, perforent le cartilage de conjugaison et vont s'anastomoser avec ceux de la première catégorie disposés perpendiculairement à eux.

Vers la fin de l'accroissement les vaisseaux ossificateurs se multiplient beaucoup, réduisant l'épaisseur des travées directrices, et ils envahissent le cartilage épiphysaire respecté jusque-là. L'ossification enchondrale formée autour d'eux est très discrète. Bientôt elle est remplacée par des lamelles d'os médullaire qui se développent dans l'épaisseur de la tête et sous le cartilage de la périphérie de celle-ci, réduit à une mince couche articulaire.

Chez *Crocodilus vulgaris* jeune ($0^{cm},60$) on trouve dans le distum du fémur exactement les mêmes dispositions que chez le Poulet en croissance, sauf que le cartilage épiphysaire ne renferme pas de vaisseaux.

Chez les Sauriens, l'ossification présente de nombreux traits communs avec celle des Oiseaux : même mode de destruction du cartilage diaphysaire, faible importance de l'ossification enchondrale, qui ne commence aussi

qu'après l'éclosion, enfin son remplacement rapide par de l'os médullaire disposé en larges aréoles.

Chez le Lézard gris, les os longs présentent d'abord une tête exclusivement cartilagineuse qui est un véritable cartilage épiphysaire, car, avant même de posséder un noyau osseux, elle est séparée de la diaphyse par un cartilage de conjugaison. Celui-ci est situé non dans l'épaisseur de la tête, mais à son union avec la diaphyse. Il est plan ou légèrement convexe du côté terminal. Ses cellules, jeunes, forment des files courtes, divergeant à partir du centre et de la face épiphysaire vers la périphérie et la face diaphysaire. Dès qu'elles atteignent la zone où elles s'hypertrophient, ces files se redressent et deviennent verticales, puis elles sont attaquées par les vaisseaux qui se comportent vis-à-vis d'elles à peu près comme chez les Mammifères.

Le cartilage épiphysaire est constitué à son centre par de grosses cellules hypertrophiées, à sa périphérie par une couche de cellules jeunes, qui se conserve toujours et qui préside à l'accroissement indéfini de la tête. Pendant longtemps le cartilage épiphysaire ne renferme pas de vaisseaux ni par conséquent d'os. Chez un Lézard mesurant 44^{mm} du bout du museau au cloaque, aucune épiphyse, du genou inclus à l'extrémité du membre, ne possédait de vaisseaux, et chez des exemplaires plus âgés (52^{mm} et 57^{mm}), les épiphyses de certains métatarsiens n'en renfermaient pas non plus. Chez le Lézard de 44^{mm}, l'épiphyse du proximum du fémur était creusée d'une vaste cavité renfermant des vaisseaux, mais il n'y avait de lamelles osseuses que sur une très faible étendue du pourtour de cette cavité. Les nombreux cas d'absence d'épiphyses signalés chez les Sauriens se rapportent sans doute à des épiphyses purement cartilagineuses. La forme plane du cartilage de conjugaison s'accorde bien avec les figures de Roy Moodie où toutes les épiphyses se terminent, du côté diaphysaire, par une ligne transversale régulière.

Parsons a proposé de distinguer les épiphyses en trois catégories : 1° épiphyses de pression ou des têtes articulaires; 2° épiphyses de traction sur lesquelles s'attachent des muscles; 3° épiphyses ataviques comme celle de la symphyse pubienne de l'Homme que l'auteur compare à l'épipubis de certains Reptiles.

Les développements ci-dessus ne sont pas en faveur de cette manière de voir : le noyau osseux de l'épiphyse paraît être une formation bien secondaire; de plus, pourquoi les épiphyses de pression manquent-elles, chez les Mammifères, en certains points qui jouent un rôle mécanique important

(proximum du cubitus), tandis qu'elles existent dans d'autres qui ne supportent aucune pression importante, comme le distum du cubitus chez l'Homme? D'autre part, comment, dans le distum de l'humérus, les deux noyaux épiphysaires de pression peuvent-ils se combiner avec le noyau épicondylien de traction, et souvent aussi avec le noyau épitrochléen de même valeur, pour former un cartilage de conjugaison si comparable à celui des extrémités à noyau épiphysaire unique? Toutes ces difficultés s'expliquent mieux, semble-t-il, en pensant au rôle du cartilage de conjugaison qu'en envisageant les noyaux épiphysaires eux-mêmes. Enfin, pour ce qui regarde les épiphyses ataviques, j'ai montré [1] que la symphyse pubienne des Sauriens n'avait rien de commun avec celle des Mammifères. Une épiphyse osseuse de cette dernière ne peut donc être comparée à rien de ce que l'on observe chez les Reptiles.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 190.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOUT 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les représentations propres d'un entier par les formes positives d'Hermite, dans un corps quadratique imaginaire.* Note (¹) de M. G. **Humbert**.

1. *Représentations ordinaires et étendues.* — Désirant donner un aperçu de mes recherches sur les formes d'Hermite, je commencerai par la *représentation*, en étendant une méthode d'Hermite.

Soit $\mathfrak{S}$ le corps quadratique $i\sqrt{\mathrm{P}}$, où P est entier positif, sans diviseur carré (autre que 1), et $\mathrm{P} \equiv 1$ ou 2 (mod 4). Soit la forme *positive* d'Hermite

$$(1)\qquad f(x, y) = axx_0 + bx_0y + b_0xy_0 + cyy_0,$$

a et c entiers ordinaires *positifs*, b et b_0 entiers conjugués de $\mathfrak{S}$; x_0 et y_0 conjugués de x et y; le *discriminant* Δ est $\Delta = ac - bb_0$; il est *positif*. La forme f est *proprement primitive* lorsque, a et c n'étant pairs à la fois, a, b, b_0, c n'ont aucun diviseur, entier réel, commun.

Deux formes (1) sont *équivalentes* si elles sont liées par une substitution linéaire, à coefficients entiers dans $\mathfrak{S}$, et de *déterminant* $+1$, effectuée sur x, y, les x_0, y_0 subissant la conjuguée. Les formes équivalentes entre elles forment une *classe*.

On dit que f représente m, positif entier, si $f(u, v) = m$, u et v étant des entiers de $\mathfrak{S}$; ce sera une *représentation ordinaire* de m par f.

(¹) Séance du 11 août 1919.

Si u et v sont des entiers d'un même idéal, I, de conjugué I_0, de $\mathfrak{S}$, les uu_0, uv_0, vu_0, vv_0 sont divisibles par la *norme* de I, entier positif ordinaire, que nous écrirons II_0; donc $f(u, v) : II_0$ est un entier (rationnel) positif, m, et

$$(2) \qquad m = \frac{1}{II_0} f(u, v) = f\left(\frac{u}{I}, \frac{v}{I}\right).$$

En d'autres termes, m est le résultat *formel* qu'on obtient en remplaçant x et y, dans $f(x, y)$, par $\frac{u}{I}$, $\frac{v}{I}$, et, naturellement, x_0, y_0 par $\frac{u_0}{I_0}$, $\frac{v_0}{I_0}$.

Nous dirons que c'est là une *représentation étendue* de m par f, et qu'elle *appartient à l'idéal* I.

Les représentations ordinaires appartiennent à l'idéal 1.

La représentation (2) sera dite *propre* si u et v ont I pour plus grand commun diviseur, c'est-à-dire si les *idéaux* $\frac{u}{I}$ et $\frac{v}{I}$ sont premiers entre eux.

2. *Relation entre les représentations appartenant à des idéaux équivalents.* — Si I′ est de la même classe que I, les *idéaux* $\frac{uI'}{I}$ et $\frac{vI'}{I}$ sont principaux, soient u' et v'; on a donc, *entre idéaux*, les relations

$$\frac{u}{I} = \frac{u'}{I'}, \qquad \frac{v}{I} = \frac{v'}{I'},$$

u' et v' étant des entiers de I′. On en déduit aisément que les $f\left(\frac{u}{I}, \frac{v}{I}\right)$ coïncident avec les $f\left(\frac{u'}{I'}, \frac{v'}{I'}\right)$ et que, pour obtenir les représentations *propres* qui appartiennent aux idéaux d'une même classe, on pourra choisir, dans celle-ci, un idéal particulier.

3. *Congruence fondamentale.* — Nous supposerons m (*positif*) *premier à* 2Δ dans tout ce qui suit; nous choisirons, dans une classe donnée d'idéaux, un idéal I, de base $(q, g + i\sqrt{P})$; q et g sont des entiers ordinaires, q *positif*, et $g^2 + P \equiv 0 \pmod{q}$.

La forme binaire, φ, positive, de discriminant P,

$$\varphi = qx^2 + 2gxy + \frac{1}{q}(g^2 + P)y^2,$$

est dite *associée* à I; elle est *proprement primitive*, comme cela résulte de $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$ et de ce que P n'a pas de diviseur carré. En remplaçant au besoin φ par une forme équivalente, et dès lors I par un idéal équivalent, on a le droit de supposer q premier à $2P\Delta m$.

Soit alors une représentation *propre*, (2), appartenant à I, de m par f; on voit aisément que, u et v ayant le plus grand commun diviseur I, on peut trouver dans I_0 (idéal conjugué de I) deux entiers u' et v' tels que $uv' - vu' =$ norme de I, ou

$$(3)\qquad uv' - vu' = II_0.$$

Faisons alors, dans la forme (1), $f(x, y)$, la substitution

$$(4)\qquad x = uX + u'Y; \qquad y = vX + v'Y,$$

x_0 et y_0 subissant la conjuguée; on trouve, en tenant compte de (2),

$$(5)\qquad f(x, y) = F(X, Y) = mII_0XX_0 + BXY_0 + B_0X_0Y + CYY_0,$$

B et B_0 étant conjugués, et étant posé

$$(6)\qquad B = auu'_0 + bu'_0v + b_0uv'_0 + cv_0v'; \qquad C = au'u'_0 + bu'_0v' + b_0u'v'_0 + cv'v'_0$$

(u_0, ... conjugués de u, ...). F(X, Y) est une forme d'Hermite du corps $\mathfrak{S}$, *positive* comme f, et de discriminant $\Delta I^2 I_0^2$, puisque la substitution (5) a le déterminant II_0. De plus, par (6), et puisque u, v, u'_0, v'_0 sont de I et u_0, v_0, u', v' de I_0, on voit que B, B_0, C sont respectivement des entiers des idéaux I^2, I_0^2, II_0. En particulier, $C = nII_0$, n étant entier ordinaire positif, et l'on a ainsi

$$f(x, y) = F(X, Y) = mII_0XX_0 + BXY_0 + B_0X_0Y + nII_0YY_0.$$

L'expression du discriminant donne $mnI^2I_0^2 - BB_0 = \Delta I^2 I_0^2$, ce que nous écrirons $\frac{BB_0}{I^2 I_0^2} = -\Delta + mn$, ou sous forme de congruence

$$(7)\qquad \frac{BB_0}{I^2 I_0^2} \equiv -\Delta \pmod{m},$$

étant entendu que B est un entier de l'idéal I^2 (donc B_0 de I_0^2).

Ainsi, à toute représentation *propre*, *appartenant à* I, de m par f, répond une solution B, de la congruence (7), B étant un entier de I^2.

4. *Réciproquement*, soit B un entier de I^2, solution de (7); on aura

$$(8)\qquad \frac{BB_0}{I^2 I_0^2} = -\Delta + mn,$$

n étant un entier ordinaire, évidemment positif; la forme d'Hermite :

$$(9)\qquad F(X, Y) = mII_0XX_0 + BXY_0 + B_0X_0Y + nII_0YY_0,$$

est *positive* et de *discriminant* $\Delta I^2 I_0^2$, [par (8)]; soient u et v deux entiers quelconques de I, ayant I pour plus grand commun diviseur, et u', v' deux entiers de I_0, choisis tels que $uv' - vu' = II_0$; faisons alors dans F(X, Y) la substitution (4), c'est-à-dire

$$(10) \qquad II_0 X = v'x - u'y; \qquad II_0 Y = -vx + uy;$$

on reconnaît que, dans la forme en x, y, au second membre, les coefficients de xx_0, xy_0, $x_0 y$, yy_0 sont entiers de $\mathfrak{S}$, les deux extrêmes étant entiers ordinaires : le premier est, par exemple,

$$(11) \qquad \frac{m}{II_0} v' v'_0 - \frac{B}{I^2 I_0^2} v' v_0 - \frac{B_0}{I^2 I_0^2} v' v'_0 + \frac{n}{II_0} v v_0;$$

il est entier (et évidemment réel) parce que v et v'_0 sont de I; v_0 et v' de I_0, et B, B_0 de I^2, I_0^2 respectivement. Dès lors, la forme en x, y est une forme d'Hermite du corps $\mathfrak{S}$, positive comme F, et *de discriminant* Δ, soit $f(x, y)$.

D'autre part, par (9), F(1,0) est mII_0; pour X = 1, Y = 0, on a, dans (4), $x = u$, $y = v$; donc $f(u, v) = mII_0$, et, d'après les hypothèses sur u et v, cela exprime que m admet, par f, une *représentation propre, appartenant à* I.

De ce que m et II_0 (ou q) sont premiers à 2Δ, et des expressions, telles que (6), des coefficients de F en fonction de ceux de f, on conclut aisément que ces derniers ne peuvent avoir un diviseur premier réel commun et que $f(x, y)$ *est une forme d'Hermite positive, proprement primitive, de discriminant* Δ.

Enfin, si B et B' sont deux solutions (dites *non distinctes*) de (7), telles que $B' = B + \theta m$, θ étant un entier de l'idéal I^2, les deux formes $f(x, y)$ et $f'(x', y')$, obtenues en partant de B et de B' sont *équivalentes*. Car on voit de suite que les formes F(X, Y) et F(X', Y') se correspondent par $X' = X + \frac{\theta_0}{II_0} Y$; $Y' = Y$; alors, par (4) et par les relations analogues entre x', y', X', Y', les u, v, u', v' restant les mêmes, on trouve, entre les x, y et les x', y' une substitution à coefficients entiers dans $\mathfrak{S}$ et de déterminant + 1.

Conséquence analogue si, partant de *la même* solution B de (7), on donne aux u, v, u', v' *d'autres valeurs*, satisfaisant aux hypothèses : on trouvera une forme équivalente à celle, $f(x, y)$, obtenue d'abord.

5. *Conclusion.* — Soient $f_1(x, y)$, f_2, ..., f_H, des formes d'Hermite du corps $\mathfrak{S}$, choisies, une par classe, dans les H classes positives, proprement

primitives, de discriminant Δ. Pour obtenir les représentations propres, appartenant à un idéal I, de m entier positif, premier à 2Δ, par l'ensemble des f_i, on partira de la congruence (7) :

$$\frac{BB_0}{I^2 I_0^2} \equiv -\Delta \pmod{m}. \tag{7}$$

B étant assujetti à être un nombre de I^2; on ne considère pas comme distinctes deux solutions, B et B', telles que $\frac{B'-B}{m}$ soit un entier de I^2.

A toute représentation, appartenant à I, de m par une f_i, répond une solution, B, de la congruence; réciproquement, à une solution B répond une forme, f, proprement primitive, positive, de discriminant Δ, donc équivalente à *une* f_i, donnant de m une représentation propre appartenant à I. A cette représentation en correspond évidemment une *de même nature* par la f_i, et non seulement une, mais autant qu'il y a de substitutions unitaires faisant passer de f à f_i.

Si donc k_i est le nombre des transformations linéaires, à coefficients entiers du corps $\mathfrak{C}$ et de déterminant 1, de f_i en elle-même, on en conclut, en répétant des raisonnements classiques et en s'appuyant sur les n°s 3 et 4, que *le nombre des représentations propres, appartenant à* I, *de m par les* f_i, *une représentation par* f_i *comptant pour* $\frac{1}{k_i}$, *est égal au nombre des solutions distinctes de la congruence* (7).

6. *Nombre des solutions de la congruence.* — Celle-ci se met sous une forme simple. Posons pour un instant $I^2 = J$; on a $I = (q, g + i\sqrt{P})$; on aura aussi [1] $J = (Q, G + i\sqrt{P})$ et $Q = q^2$, car Q et q sont les normes de I^2 et de I.

Or, B étant de J, on a $B = Qx + (G + i\sqrt{P})y$, x et y entiers ordinaires quelconques, et (7) s'écrit, puisque $I^2 I_0^2 = JJ_0 =$ norme de $J = Q$,

$$(Qx + Gy)^2 + Py^2 \equiv -\Delta Q \pmod{mQ}. \tag{12}$$

Mais le premier membre, par sa forme même, est multiple de Q, car

(1) Si $I = (q, g + i\sqrt{P})$, pour que I^2 soit de la même forme, il faut et il suffit, comme on le voit aisément, qu'aucun des facteurs premiers communs à q et g ne divise P ou $2g$. Or, q est *impair*, premier à P (n° 3); d'autre part, si q et $2g$ avaient un facteur premier commun, p (nécessairement impair), ce p diviserait P, parce que $\frac{g^2+P}{q}$ est entier; d'où contradiction, q étant premier à P.

$G^2 + P \equiv 0 \pmod{Q}$; d'autre part, $Q = q^2$ et q est premier à m (nº 3), en sorte que (12) équivaut à

$$(q^2 x + Gy)^2 + Py^2 \equiv -\Delta q^2 \pmod{m}. \tag{13}$$

A deux solutions, B et B', *non distinctes* de (7), répondent deux solutions x, y et x', y' de (13) vérifiant (on le voit aisément) $x' \equiv x$, $y' \equiv y \pmod{m}$; on a donc à chercher le nombre de solutions x, y de (13), *distinctes dans le sens ordinaire*. C'est aussi celui, N, des solutions X, Y, distinctes, de $X^2 + PY^2 \equiv -\Delta q^2 \pmod{m}$, m étant premier à 2Δ et q à $2\Delta m P$.

Or, Hermite a fait connaître ce dernier nombre [1] dans le cas où m est aussi premier à P; il trouve pour N l'expression

$$p^{\alpha-1} p'^{\alpha'-1} \ldots \left[p - \left(\frac{-P}{p}\right)\right]\left[p' - \left(\frac{-P}{p'}\right)\right]\ldots, \tag{14}$$

en supposant pour m, décomposé en facteurs *premiers*, $m = p^\alpha p'^{\alpha'} \ldots$.

Mais nous aurons besoin d'avoir N lorsque m, premier à 2Δ, ne l'est pas à P; nous supposerons alors, dans tout ce qui suit, que Δ et P n'ont aucun facteur *impair* commun.

Soient ρ les facteurs premiers impairs de P tels que $\left(\frac{-\Delta}{\rho}\right) = +1$; σ ceux tels que $\left(\frac{-\Delta}{\sigma}\right) = -1$. Il est clair que si m renferme un facteur σ, la congruence $X^2 + PY^2 \equiv -\Delta q^2 \pmod{m}$ n'a pas de solution. Considérons maintenant la congruence

$$X^2 + PY^2 \equiv -\Delta q^2 \quad \pmod{\rho^\beta}; \tag{15}$$

si n_β est le nombre des solutions X, Y de (15), on trouve facilement, en suivant la marche d'Hermite (*loc. cit.*), et en se rappelant que P est sans facteur carré, $n_\beta = \rho n_{\beta-1}$, et, directement, $n_1 = 2\rho$. Donc $n_\beta = 2\rho^\beta$; on déduit alors des principes d'Hermite que si

$$m = p^\alpha p'^{\alpha'} \ldots \rho^\beta \rho'^{\beta'} \ldots, \tag{16}$$

les $p, p', \ldots$ étant premiers à P, on aura le nombre N cherché en *multipliant* l'expression (14) par $2\rho^\beta . 2\rho'^{\beta'} \ldots$; donc

$$N = p^{\alpha-1}\left[p - \left(\frac{-P}{p}\right)\right] p'^{\alpha'-1}\left[p' - \left(\frac{-P}{p'}\right)\right] \ldots 2\rho^\beta . 2\rho'^{\beta'} \ldots. \tag{17}$$

Et $N = 0$, si m renferme un ou plusieurs facteurs σ.

---

[1] HERMITE, *Œuvres*, t. 1, p. 247. — Voir aussi *Crelle*, t. 47.

Tel est, *en supposant m premier à 2Δ, et Δ sans diviseur impair commun avec* P, le nombre des représentations propres, appartenant à un idéal I donné, de m par l'ensemble des f_i $\left(\text{une représentation par } f_i \text{ comptant pour } \frac{1}{k_i}\right)$. Ce nombre est indépendant de l'idéal I; c'est donc, en particulier, celui des représentations *ordinaires* propres de m par les f_i.

ASTRONOMIE. — *Sur le développement d'une fonction très générale du rayon vecteur et de l'anomalie excentrique dans le mouvement elliptique.* Note de M. **H. Andoyer.**

Dans une Note insérée au Tome 91 des *Comptes rendus* (séance du 6 décembre 1880), Tisserand a fait connaître une formule relative au mouvement elliptique, propre à donner le développement d'une fonction quelconque du rayon vecteur suivant les cosinus des multiples de l'anomalie moyenne et suivant les puissances de l'excentricité : sa démonstration est d'ailleurs longue et peu simple.

En réalité, la formule de Tisserand n'est qu'un cas particulier d'une formule plus générale, qui résulte immédiatement du théorème bien connu dû à Cauchy, relatif au développement d'une fonction périodique quelconque de l'anomalie excentrique suivant les cosinus et sinus des multiples de l'anomalie moyenne.

Désignons par ε l'excentricité, par u et g les anomalies excentrique et moyenne, par e la base des logarithmes naturels et par i l'imaginaire $\sqrt{-1}$; faisons aussi

$$x_1 = \frac{\varepsilon}{2} e^{ig}, \qquad x_2 = \frac{\varepsilon}{2} e^{-ig}, \qquad y_1 = \frac{\varepsilon}{2} e^{iu}, \qquad y_2 = \frac{\varepsilon}{2} e^{-iu}.$$

Soit f une fonction développable suivant les puissances entières non négatives de y_1 et y_2; elle est développable de la même façon suivant les puissances de x_1 et x_2, et le théorème ci-dessus rappelé de Cauchy peut manifestement s'énoncer de la façon suivante :

Le coefficient A_{p_1, p_2} de $x_1^{p_1} x_2^{p_2}$ dans le second développement de f est égal au coefficient de $y_1^{p_1} y_2^{p_2}$ dans le développement de la fonction analogue

$$(1 - y_1 - y_2) f e^{(p_1 - p_2)(y_1 - y_2)}.$$

Introduisons les deux symboles d_1 et d_2, en convenant de remplacer

$d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} f_0$ par $\left(\dfrac{\partial^{\alpha_1+\alpha_2} f}{\partial y_1^{\alpha_1}\partial y_2^{\alpha_2}}\right)_{y_1=y_2=0}$, et en particulier f_0 par $f(0, 0)$. La formule de Taylor permet d'écrire symboliquement

$$f(y_1, y_2) = f_0 e^{d_1 y_1 + d_2 y_2},$$

de sorte que le coefficient A_{p_1, p_2} est celui de $y_1^{p_1} y_2^{p_2}$ dans le développement de la fonction

$$(1 - y_1 - y_2) f_0 e^{(d_1+p_1-p_2)y_1+(d_2-p_1+p_2)y_2};$$

par suite

$$A_{p_1, p_2} = (d_1 d_2 - p_1 d_1 - p_2 d_2) \frac{(d_1 + p_1 - p_2)^{p_1-1} (d_2 - p_1 + p_2)^{p_2-1}}{p_1!\, p_2!} f_0;$$

ou bien, explicitement,

$$A_{p_1, p_2} = \sum \frac{d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} f_0}{\alpha_1!\, \alpha_2!} (-1)^{p_2-\alpha_2} \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)(p_1 - p_2)^{p_1+p_2-\alpha_1-\alpha_2-1}}{(p_1 - \alpha_1)!\, (p_2 - \alpha_2)!},$$

formule que l'on obtient encore aisément, sans faire usage d'aucun symbole.

Si l'on préfère mettre en évidence l'excentricité et l'anomalie moyenne, il suffit d'observer que A_{p_1, p_2} est le coefficient de $\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)^{p_1+p_2} e^{i(p_1-p_2)g}$ dans le développement considéré de f.

On peut aussi faire $y_1 + y_2 = z_1$, $y_1 - y_2 = z_2$, et prendre la fonction f sous la forme $f(z_1, z_2)$. Si alors D_1 et D_2 sont les symboles analogues à d_1 et d_2, mais relatifs à z_1, z_2, il suffit, dans la formule symbolique précédente, de remplacer d_1 par $D_1 + D_2$, d_2 par $D_1 - D_2$.

Si la fonction f ne dépend que du rayon vecteur, c'est-à-dire de z_1, on peut faire $D_2 = 0$, et l'on retrouve ainsi la formule de Tisserand :

$$A_{p_1, p_2} = D_1 (D_1 - p_1 - p_2) \frac{(D_1 + p_1 - p_2)^{p_1-1} (D_1 - p_1 + p_2)^{p_2-1}}{p_1!\, p_2!} f_0.$$

Si la fonction f ne dépend que de z_2, c'est-à-dire de la différence $u - g$, on a $D_1 = 0$, et l'on obtient le résultat très simple

$$A_{p_1, p_2} = (-1)^{p_2} D_2 \frac{(D_2 + p_1 - p_2)^{p_1+p_2-1}}{p_1!\, p_2!}.$$

Si, dans le cas général, on fait $\varphi(y_1, y_2) = (1 - y_1 - y_2) f$, on peut écrire

$$A_{p_1, p_2} = \frac{(d_1 + p_1 - p_2)^{p_1} (d_2 - p_1 + p_2)^{p_2}}{p_1!\, p_2!} \varphi_0$$
$$= \sum \frac{d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} \varphi_0}{\alpha_1!\, \alpha_2!} (-1)^{p_2-\alpha_2} \frac{(p_1 - p_2)^{p_1+p_2-\alpha_1-\alpha_2}}{(p_1 - \alpha_1)!\, (p_2 - \alpha_2)!},$$

et l'on peut introduire D_1 et D_2 comme ci-dessus.

On sait encore, toujours d'après Cauchy, que si l'on fait

$$\psi = y_1 \frac{\partial f}{\partial y_1} - y_2 \frac{\partial f}{\partial y_2} = z_2 \frac{\partial f}{\partial z_1} + z_1 \frac{\partial f}{\partial z_2} = \frac{1}{i} \frac{\partial f}{\partial u},$$

le coefficient A_{p_1, p_2} est égal à celui de $y_1^{p_1} y_2^{p_2}$ dans le développement de la fonction

$$\frac{\psi}{p_1 - p_2} e^{(p_1 - p_2)(y_1 - y_2)}$$

si du moins le nombre $p_1 - p_2$ n'est pas nul.

On peut par suite, dans la formule précédente, remplacer la fonction φ par ψ, à la condition de diviser en même temps par $p_1 - p_2$, quand ce nombre n'est pas nul.

ZOOLOGIE. — *Mutation d'une Caridine en Ortmannie et observations générales sur les mutations évolutives des Crevettes d'eau douce de la famille des Atyidés.* Note ([1]) de MM. **E.-L. Bouvier** et **d'Emmerez de Charmoy**.

Au cours de recherches commencées il y a quinze ans, l'un de nous avait été conduit ([2]) à l'hypothèse que certains Atyidés indo-pacifiques des genres *Caridina* et *Ortmannia* donnent actuellement naissance à des individus de leur type et à d'autres qui appartiennent au type générique immédiatement supérieur; pour préciser, qu'en outre des individus de leur espèce, les *Caridina Richtersi* Thallw. (de l'île Maurice) doivent produire également des *Ortmannia Edwardsi* Bouvier, les *Ortmannia Alluaudi* Bouvier des *Atya serrata* et les *Ortmannia Henshawi* (des Sandwich) des *Atya bisulcata* Randall. Cette hypothèse avait pour fondement l'extraordinaire variabilité des individus du type inférieur, qui se rapprochent à divers degrés du type ortmannien ou atyien, et la fixité absolue des représentants du type supérieur qui d'ailleurs ne diffèrent des autres que par leurs caractères génériques. Pour l'une des espèces précédentes, elle a été vérifiée expérimentalement à la Réunion par M. Bordage ([3]) qui, au moyen d'éducations faites en aquarium, a constaté : 1° Que les femelles d'*Ortmannia Alluaudi*,

([1]) Séance du 11 août 1919.

([2]) E.-L. Bouvier, *Observations nouvelles sur les Crevettes de la famille des Atyidés* (*Bull. Scient. de France et de Belgique*), vol. 39, 1905.

([3]) Edmond Bordage, *Mutation et régénération hypotypique chez certains Atyidés* (*Ibid.*, vol. 43, 1909).

dans une même ponte, produisent des individus de leur espèce, et, en quantité un peu plus faible, des *Atya serrata*; 2° Que les femelles de l'*Atya serrata* ne donnent que des individus atyiens, sans régression aucune vers la forme ortmannienne. Il était hautement désirable que l'hypothèse fût également vérifiée pour les Caridines, et c'est à quoi s'employa un grand propriétaire de Maurice, M. Paul Carié, qui réunit à cet effet le matériel nécessaire et le remit à l'un de nous pour faire en aquarium l'élevage du *Caridina Richtersi*. La présente Note a pour objet de mettre en évidence les observations faites à l'île Maurice en 1914, au cours de ces élevages, et à Paris sur les matériaux obtenus. Avant de les rapporter, nous croyons utile de dire que l'*Ortmannia Edwardsi* est beaucoup moins répandu dans l'île que le *Caridina Richtersi*, qu'on l'observe dans les mêmes lieux, et qu'il présente les mêmes variations de couleurs, depuis le bleu uniforme et le rouge vif, jusqu'à un ton noirâtre, parfois avec un panachage fort accusé.

Les œufs du *Caridina Richtersi* et de l'*Ortmannia Edwardsi* atteignent des dimensions considérables (un millimètre environ), ce qui permet à leurs embryons de se développer largement au moyen du vitellus ovulaire. En fait les élevages effectués à Maurice ont permis d'établir que les deux formes traversent dans l'œuf les stades larvaires propres à la plupart des Atyidés, qu'ils naissent à l'état de jeunes peu différents de l'adulte et qu'ils atteignent leur structure définitive en passant par trois stades successifs.

C'est en 1915 que furent envoyés à Paris les matériaux résultant des captures et des élevages effectués à Maurice. L'époque n'était guère propice à une étude délicate et l'on ne put les examiner que très rapidement. Ils comprenaient les diverses espèces d'Atyidés mauriciens, dont plus de 1000 *Caridina Richtersi*, 90 *Ortmannia Edwardsi*, et 5 lots d'élevage, à savoir : 9 jeunes aux 2e et 3e stades issus du *Caridina Richtersi*, 18 au 1er stade issus de l'*Ortmannia Edwardsi*, 8 au 2e, 2 au 3e, et 95 adultes provenant également de l'élevage de cette dernière forme.

L'étude récente de ce précieux matériel a conduit aux observations suivantes dont on ne saurait nier l'importance.

Les 9 jeunes issus du *Caridina Edwardsi* provenaient d'une femelle noirâtre et ont tous conservé, après cinq ans, la même teinte que leur mère : 8 présentent les caractères de l'espèce ou de sa forme *apiocheles*, mais l'autre est du type ortmannien le plus net et ressemble absolument, même pour les plus menus détails, aux jeunes d'*Ortmannia Edwardsi* étudiés plus loin. C'est la confirmation de l'hypothèse et l'extension à notre Caridine des observations de Bordage sur l'*Ortmannia Alluaudi*: *de même que les*

femelles de cette Ortmannie donnent en même temps des individus de leur type et du type générique supérieur, de même celles du Caridina Richtersi *produisent simultanément des Caridines et des Ortmannies*, et franchissent brusquement un degré de l'échelle zoologique; toutefois, cette mutation semble plutôt rare et à son début, tandis que l'*Ortmannia Alluaudi* donne en abondance des *Atya serrata*.

L'étude des jeunes de l'*Ortmannia Edwardsi* n'est pas moins instructive. Quel que soit leur stade, ils sont tous du type ortmannien le plus franc, à l'exception d'un jeune *Caridina Richtersi* qui se trouvait mêlé aux 18 du premier stade. Mais cet exemplaire provenait sûrement d'une autre ponte et avait dû s'introduire accidentellement dans l'eau d'élevage; car les jeunes *Ortmannia Edwardsi* des deux premiers stades ne présentent pas encore au bout des doigts le pinceau de poils caractéristique des Atyidés, et leurs griffes terminales sont au nombre de 3 superposées quand on les examine latéralement, comme celles des *Ortmannia Edwardsi* adultes (1); or, la jeune Caridine à laquelle je fais allusion présentait déjà les bouquets de poils, elle se trouvait par conséquent à un stade plus avancé et, au milieu des jeunes Ortmannies, frappait comme une intruse. Les 95 adultes obtenus d'élevage par M. de Charmoy justifient amplement cette observation; ils comprennent 78 femelles et 17 mâles, sans mélange aucun avec des Caridines, sans variations notables, et tous du type *Ortmannia Edwardsi* comme la femelle dont ils étaient issus. De sorte que l'*Ortmannia Edwardsi* ne retourne pas plus à la forme Caridine que l'*Atya serrata* à la forme ortmanienne; *une fois réalisée, la mutation ne rétrograde pas*. C'est encore la confirmation des expériences de Bordage sur l'*Ortmannia Alluaudi*.

Ces phénomènes sont vraiment extraordinaires et semblent tout d'abord pouvoir s'expliquer par l'hybridation, c'est-à-dire par un croisement entre deux formes génériques différentes : entre le *Caridina Richtersi* et l'*Ortmannia Edwardsi* d'un côté, entre l'*Ortmannia Alluaudi* et l'*Atya serrata* de l'autre. Alors les individus appartenant au type générique inférieur (Caridinien dans le premier cas, Ortmannien dans l'autre) seraient des hétérozygotes où se fusionneraient, à des degrés très divers, certains traits des deux parents, — et ceux du type générique supérieur (Ortmannien d'un côté, Atyien de l'autre), des homozygotes où se rencontreraient purs les

---

(1) Il y a 5 griffes groupées en deux paires et une impaire dans l'*Ortmannia Edwardsi*, mais, latéralement, on ne voit que 3 griffes. Les individus typiques ont un stylet et ceux de la variété *apiocheles* une griffe.

seuls caractères de ce type. Mais cette hypothèse a contre elle l'observation et l'expérience.

On sait, en effet, que la fusion des caractères des deux parents est plutôt exceptionnelle chez les hybrides, alors que les individus à caractères mixtes prédominent dans le *Caridina Richtersi* et l'*Ortmannia Alluaudi*. D'ailleurs, si cette fusion existait réellement, elle porterait sur les caractères génériques essentiels aussi bien que sur les autres, alors qu'on observe un hiatus très net entre les espèces précédentes et celles qui en dérivent : jamais on ne trouve, dans l'*Ortmannia Alluaudi*, les longs poils plumeux qui caractérisent le pinceau digital de l'*Atya serrata*, et jamais je n'ai pu constater dans le *Caridina Richtersi*, même dans sa forme *apiocheles*, les ongles multiples qui terminent les doigts des pinces dans l'*Ortmannia Edwardsi*. Au surplus l'exemple du *Caridina brevirostris* donne la preuve certaine que les individus à caractères mixtes ne sont pas le résultat d'une hybridation; cette espèce est encore plus variable que la Caridine de Richters et présente comme elle tous les passages entre la forme typique et la forme apiochéline; les individus de cette dernière forme sont déjà quelque peu ortmanniens et l'on pourrait les attribuer au croisement de la forme typique avec une Ortmannie; mais les *Ortmannia* manquent totalement aux Seychelles ([1]), où pullule par contre le *Caridina brevirostris ;* je n'en ai trouvé aucune parmi les 3000 individus recueillis dans ces îles au cours de l'expédition anglaise dirigée par M. Stanley Gardiner, et il faut attribuer à un état d'équilibre instable, non au croisement, les variations extraordinaires de cette Caridine. J'ajoute que l'expérience n'est pas moins contraire que l'observation à l'hypothèse des croisements. Bordage rapporte qu'il n'a pu obtenir « la fécondation des femelles d'Ortmannie par des mâles d'Atye », alors qu'il réalisait « sans difficulté la fécondation des Ortmannies femelles par des mâles de leur espèce ». D'autre part, il est bien évident que les femelles d'*Atya serrata* ne se croisent pas avec les mâles de l'*Ortmannia Alluaudi* et celles de l'*Ortmannia Edwardsi* avec les mâles du *Caridina Richtersi*, car les expériences de M. Bordage et les précédentes ont montré que les premières comme les secondes produisent exclusivement des individus de leur forme propre et d'un type très pur, sans variation de grande importance.

([1]) Pourtant Hilgendorf a reçu des « Seschellen » (les Seychelles probablement) sept exemplaires d'une espèce indéterminée qu'il range dans le genre *Atyoida* et qui doit être soit l'*Ortmannia Alluaudi*, soit la mutation *serrata*, en tout cas une forme bien plus grande que le *Caridina brevirostris* et très différente (*Crustacea* in *v. d. Decken Reisen in Ost. Afrika*, p. 101, 1869).

Nous voici donc en présence d'un polymorphisme qui ne peut être attribué qu'à des mutations, et qui diffère de tous les exemples de polymorphisme connus en ce qu'il est indépendant du sexe, des saisons, de l'habitat, surtout en ce qu'il permet à l'espèce de franchir, *par un saut brusque,* les limites qui lui sont propres *pour acquérir une forme stable dans le genre immédiatement supérieur.* Dans notre groupe, cette évolution brusque suit des règles absolument rigoureuses : l'espèce mutante se distingue par un état d'équilibre instable, par une véritable explosion de caractères dont certains ne présentent aucun rapport visible avec la direction évolutive suivie par la famille, tandis que d'autres, plus intéressants, annoncent à divers degrés le type générique immédiatement supérieur. Au premier stade, qui nous est offert par le *Caridina brevirostris*, ces derniers caractères ne franchissent pas, *actuellement* tout au moins, les limites de l'espèce et du genre; — dans le deuxième, auquel se trouve le *Caridina Richtersi,* un très petit nombre d'individus franchissent l'hiatus qui les sépare du genre immédiatement supérieur (*Ortmannia*) où ils trouvent la stabilité; — au troisième, qui est celui de l'*Ortmannia Alluaudi*, certainement aussi de l'*Ort. Henhawi*, la mutation bat son plein et de nombreux individus atteignent la forme stable, qui est représentée par le genre *Atya.*

Ainsi, sous nos yeux, on voit avancer successivement de deux degrés, par saut brusque, l'évolution des Atyidés : les Caridines se transforment en Ortmannies et les Ortmannies en *Atya.* Et si l'on conclut du présent au passé, on est en droit d'admettre que les deux formes génériques supérieures de la famille, les *Ortmannia* et les *Atya,* ont dû se produire jadis de même. Très différentes des mutations légères qui se manifestent en tout sens, et autant qu'il paraît, sans suivre une ligne définie, ces grandes variations *suivent la direction même de la lignée* et transforment d'un seul coup le type générique de l'espèce qui les subit; en quoi elles méritent le nom de *mutations évolutives* ou de *phylomorphoses* qu'un de nous leur a donné [1]. On les observera sans doute ailleurs, et sans doute ont-elles joué autrefois un grand rôle dans l'évolution organique; peut-être faut-il expliquer par elles les nombreux hiatus qui forment solutions de continuité dans la série des êtres vivants et fossiles. En tout cas, elles montrent que le transformisme n'est pas seulement une belle hypothèse, mais une réalité qui se manifeste actuellement par des phénomènes évolutifs brusques et de grande envergure.

---

[1] E.-L. Bouvier, *Nouvelles observations sur les mutations évolutives* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1820).

CORRESPONDANCE.

MM. **Boquet**, **Georges Giraud**, **L.-C. Maillard**, **Raclot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries ultrasphériques.* Note [1] de M. **Erwand Kogbetliantz**, transmise par M. Appell.

Envisageons la série ultrasphérique de $F(\theta, \varphi)$

$$(1) \qquad F(\theta, \varphi) \sim \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n+\lambda}{2\pi} \int\int_S \frac{F(\theta', \varphi') P_n^{(\lambda)}(\cos t)\, d\sigma'}{[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}} \qquad (\lambda > 0).$$

Le but de cette Note est d'étudier la sommabilité (C, δ) de la série (1) pour $\lambda - 1 < \delta \leqq \lambda$ [2]. Les résultats sont basés sur les propriétés suivantes de la série

$$\sum (n+\lambda) \int_{\omega}^{\pi} P_n^{(\lambda)}(\cos u)(\sin u)^{2\lambda}\, du.$$

I. Elle est sommable $(C, \delta > \lambda - 1)$ et a zéro pour somme, si $\omega > 0$, la sommabilité étant uniforme pour $\pi \geqq \omega \geqq \varepsilon$ $(\varepsilon > 0)$;

II. Ses moyennes arithmétiques $S_n^{(\delta)}(\omega)$ d'ordre $\delta > \lambda - 1$ sont bornées:

$$|S_n^{(\delta)}(\omega)| = \left| \int_{\omega}^{\pi} S_n^{(\delta,\lambda)}(u)(\sin u)^{2\lambda}\, du \right| < H$$

$$(\delta > \lambda - 1; \quad \pi \geqq \omega \geqq 0; \quad n = 0, 1, 2, \ldots \infty).$$

En s'appuyant sur la formule approximative pour la moyenne $s_n^{(\delta,\lambda)}(u)$ de la série $\sum (n+\lambda).P_n^{(\lambda)}(\cos u)$ et sur I, on démontre le théorème :

Soit $|F(\theta', \varphi')| [\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\lambda - \frac{1}{2}}$ *intégrable sur* S. *La série* (1) *est*

---

(1) Séance du 28 juillet 1919.

(2) La sommabilité $(C, \delta > \lambda)$ est étudiée dans les Notes précédentes : *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 601; t. 164, 1917, p. 626; t. 168, 1919.

sommable $(C, \delta = \lambda)$ *et a pour somme la valeur moyenne de* $F(\theta, \varphi)$ *au point* (θ, φ), *si* $F(\theta, \varphi)$ *est à variation bornée dans le voisinage de ce point et si elle ne devient infinie au point diamétralement opposé* $M_0(\pi - \theta, \pi + \varphi)$ *que d'ordre* γ_0 *moindre que* $\lambda + 1$. *Pour* $\gamma_0 \geqq \lambda + 1$ *la série* (1) *n'est pas sommable* $(C, \delta = \lambda)$.

Mais on a davantage : on démontre que, pour $\gamma_0 < \lambda + 1$, les conditions suffisantes de la sommabilité (C, γ) de la série (1) sont les suivantes :

La dérivée de l'intégrale

$$\int_0^t |\varphi(u)|\, du$$

s'annule pour $t = 0$, *et l'intégrale*

$$\int_\eta^\varepsilon |\psi(u+\eta) - \psi(u)|\, du$$

tend vers zéro avec η, où

$$\varphi(t) = \psi(t) \sin\frac{t}{2} = \xi(t) - \xi(+0)$$

et

$$2\pi(\sin t)^{2\lambda}\xi(t) = \int_C F(\theta', \varphi')\,[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\lambda - \frac{1}{2}}\, ds',$$

l'intégrale de ligne étant étendue au cercle C, de centre (θ, φ) et de rayon sphérique t. On en déduit que tous les critères connus de la convergence des séries trigonométriques $(\delta = \lambda = 0)$ sont aussi les critères de sommabilité (C, λ) de la série (1) pour $\gamma_0 < \lambda + 1$.

Telle est, par exemple, la condition de Lipschitz-Dini :

$$[F(\theta', \varphi') - F(\theta, \varphi)] \log t \to 0$$

avec la distance sphérique t des points (θ', φ') et (θ, φ). On voit que, *pour* $\gamma_0 < \lambda + 1$, *la sommabilité* (C, λ) *de la série* (1) *ne dépend que de la conduite de* $F(\theta, \varphi)$ *autour du point* (θ, φ).

Soit maintenant $\delta < \lambda$, $\gamma_0 < \lambda + 1$ et supposons que $F(\theta', \varphi')$ est à variation bornée sur S, sauf les voisinages des points $M_k (k \geqq 0)$, où $F(\theta', \varphi')$ est de la forme $A_k\left(\sin\frac{\omega_k}{2}\right)^{-\gamma_k} + f_k(\theta', \varphi')$, ω_k étant la distance sphérique des points (θ', φ') et M_k et $f_k(\theta', \varphi')$ étant à variation bornée. Par M_0 nous désignons le point $(\pi - \theta, \pi + \varphi)$. Pour $\delta < \lambda$ l'index de la sommabilité $(C, \delta > \lambda - 1)$ de la série (1) dépend de tous les exposants γ_k.

Désignons par γ'_k les exposants γ_k de ceux des points $M_k (k \geqq 1)$, qui se

trouvent sur les méridiens φ et $\pi+\varphi$, sauf le point M_0, et par γ''_k tous les autres γ_k, sauf γ_0. Soit δ_0 le plus grand de tous les nombres $\gamma'_k-\lambda-1$, $\gamma''_k+\lambda-2$, γ_0-1. Vu que $\gamma_0<\lambda+1$, $\gamma'_k<2\lambda+1$ et $\gamma''_k<2$, on a $\delta_0<\lambda$. On démontre que la condition $\delta>\delta_0$ est nécessaire pour la sommabilité $(C, \delta<\lambda)$ de la série (1) en point (θ, φ) et, en s'appuyant sur I et II, on a le théorème :

Le développement (1) *de la fonction* $F(\theta', \varphi')$ *de la nature indiquée n'est pas sommable* $(C, \delta\leqq\delta_0)$ *au point* (θ, φ) *et l'est* $(C, \delta>\lambda-1)$ *avec la valeur moyenne de* $F(\theta, \varphi)$ *au point* (θ, φ) *pour somme, si* $\delta>\delta_0$.

Ainsi la sommabilité $(C, \delta<\lambda)$ de la série (1) en un point dépend de la conduite de $F(\theta', \varphi')$ non seulement autour de ce point, mais aussi sur toute la sphère S. C'est le même fait qui se manifeste dans le cas des séries trigonométriques $(\lambda=0)$ pour la sommabilité $(C, \delta<0)$ [1].

Par exemple la série de Laplace $\left(\lambda=\frac{1}{2}\right)$ converge $(\delta=0)$, si $\gamma_0<1$ et tous les autres $\gamma_k<\frac{3}{2}$ diverge aux antipodes des points M_k avec $\gamma_k\geqq 1$ et diverge partout sur S, si l'un quelconque des γ_k est $\geqq\frac{3}{2}$.

GÉOMÉTRIE. — *Champs vectoriels à directions asymptotiques indéterminées.* Note [2] de M. **René Garnier**, transmise par M. Appell.

Dans une Note récente [3], M. Axel Egnell a donné une solution géométrique élégante du problème suivant, proposé par M. Cl. Guichard :

Déterminer tous les champs vectoriels jouissant de la propriété que la dérivée du vecteur prise dans une direction perpendiculaire à ce vecteur est perpendiculaire à la direction de la différentiation.

Je voudrais montrer que la question se laisse aussi aisément résoudre par l'Analyse.

Le problème revient à déterminer six fonctions X, Y, Z, X_1, Y_1, Z_1, des variables x, y, z, telles que l'on ait identiquement

$$dX\,dx+dY\,dy+dZ\,dz=(X\,dx+Y\,dy+Z\,dz)(X_1\,dx+Y_1\,dy+Z_1\,dz).$$

(1) E. Kogbetliantz, *Comptes rendus*, 1919.

(2) Séance du 4 août 1919.

(3) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1263.

Egalons de part et d'autre les termes en dx^2, dy^2, dz^2, il viendra

$$XX_1 = \frac{\partial X}{\partial x}, \qquad YY_1 = \frac{\partial Y}{\partial y}, \qquad ZZ_1 = \frac{\partial Z}{\partial z}.$$

Ecrivons maintenant que les termes rectangles sont égaux de part et d'autre; nous obtiendrons trois équations qu'on peut remplacer par les neuf suivantes :

$$(1) \qquad \left\{\begin{matrix} \frac{\partial X}{\partial x} & \frac{\partial Y}{\partial x} & \frac{\partial Z}{\partial x} \\ \frac{\partial X}{\partial y} & \frac{\partial Y}{\partial y} & \frac{\partial Z}{\partial y} \\ \frac{\partial X}{\partial z} & \frac{\partial Y}{\partial z} & \frac{\partial Z}{\partial z} \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} uX & uY - \rho & uZ + \mu \\ vX + \rho & vY & vZ - \lambda \\ wX - \mu & wY + \lambda & wZ \end{matrix}\right\},$$

où λ, μ, ρ; u, v, w désignent de nouvelles variables introduites pour la symétrie des calculs.

Pour former les conditions d'intégrabilité de ce système, posons

$$\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y} = \xi, \qquad \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} = \eta, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} = \zeta,$$

et nous obtiendrons les neuf équations suivantes :

$$(2) \qquad \left\{\begin{matrix} \frac{\partial \lambda}{\partial x} - u\lambda & \frac{\partial \mu}{\partial x} - u\mu & \frac{\partial \rho}{\partial x} - u\rho \\ \frac{\partial \lambda}{\partial y} - v\lambda & \frac{\partial \mu}{\partial y} - v\mu & \frac{\partial \rho}{\partial y} - v\rho \\ \frac{\partial \lambda}{\partial z} - w\lambda & \frac{\partial \mu}{\partial z} - w\mu & \frac{\partial \rho}{\partial z} - w\rho \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} \xi X - S & \eta X & \zeta X \\ \xi Y & \eta Y - S & \zeta Y \\ \xi Z & \eta Z & \zeta Z - S \end{matrix}\right\}$$

avec $2S = \xi X + \eta Y + \zeta Z$.

Exprimons maintenant qu'on a $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y \partial x}$; il viendra

$$3(\xi\rho + \zeta\lambda) = -\frac{\partial \xi}{\partial y} X + \frac{\partial \eta}{\partial y} Y + \frac{\partial \zeta}{\partial y} Z + 2\frac{\partial \xi}{\partial x} Y;$$

à cette équation, ajoutons celle qu'on en déduit par permutation de x et z et des variables correspondantes; en vertu de l'identité

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = 0,$$

il viendra

$$\xi\rho + \zeta\lambda = 0,$$

et par permutation on obtiendrait deux relations analogues.

Cela étant, supposons d'abord $\lambda\mu\rho \neq 0$; nous déduirons de ces trois relations les égalités

$$\xi = 0, \quad \eta = 0, \quad \zeta = 0,$$

qui entraînent les suivantes :

$$u = \frac{\partial\varphi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial\varphi}{\partial z}.$$

Moyennant une transformation homothétique sur X, Y, Z (et λ, μ, ρ), on peut supposer $\varphi = 1$; dès lors, d'après (2), λ, μ, ρ seront des constantes, et, d'après (1), le vecteur (X, Y, Z) *sera normal au plan polaire du point* (x, y, z) *par rapport à un complexe linéaire*.

On verrait aisément que l'hypothèse $\lambda\mu\rho = 0$ n'introduit que des dégénérescences banales du cas précédent.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur un problème d'hydraulique généralisée. Écoulement d'un mélange gazeux en combustion.* Note [1] de M. **Emile Jouguet**, transmise par M. L. Lecornu.

1. Considérons un mélange gazeux combustible enfermé dans un réservoir où règne la pression p_0 et où le volume spécifique est σ_0. Ce réservoir communique avec l'extérieur, où règne la pression p, inférieure à p_0, par un ajutage que nous supposerons parfaitement évasé pour éliminer les pertes de charge. γ étant le rapport des chaleurs spécifiques du mélange non brûlé, p est supposé supérieur à

$$\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} p_0 = 0{,}522\,p_0,$$

de sorte que l'ajutage parfaitement évasé se compose d'une partie graduellement convergente prolongée par une partie cylindrique.

Si le mélange s'écoule *sans être enflammé*, les lois de son écoulement sont les lois classiques de l'écoulement des gaz parfaits. Le débit en masse par unité de temps et par unité de surface de la section terminale de l'ajutage est donné par la formule

$$(1) \qquad M = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\frac{p_0}{\sigma_0}} \sqrt{1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}.$$

[1] Séance du 11 août 1919.

Imaginons maintenant qu'on fasse écouler le mélange gazeux *en l'enflammant*. Comment l'écoulement est-il modifié?

2. Il se forme un cône ayant pour base l'orifice et séparant, dans la veine fluide, la partie non brûlée de la partie en combustion. L'angle au sommet de ce cône dépend, comme l'a indiqué M. Gouy ([1]), du rapport entre la célérité de la flamme et la vitesse des molécules fluides. Selon l'interprétation que j'adopte pour les déflagrations, la surface latérale du cône doit être considérée comme une onde de choc et combustion avec chute de pression, la pression étant p_2 à l'extérieur et $p_1 > p_2$ à l'intérieur du cône. Les équations des ondes de choc et combustion donnent alors

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} &\frac{1}{\sigma_1^2}D_1^2 = \frac{p_2 - p_1}{\sigma_1 - \sigma_2} \\ &(p_1 + p_2)(\sigma_2 - \sigma_1) + 2(U_2 - U_1) = 0. \end{aligned}\right.$$

Dans ces formules, D_1 représente la célérité de la déflagration par rapport à la matière prise dans l'état 1; p, σ, U sont la pression, le volume spécifique et l'énergie interne spécifique du fluide, ces lettres étant affectées de l'indice convenable suivant le point auquel elles se rapportent. Les U sont fonctions de la température absolue T et du degré de combustion. Je supposerai la combustion totale dans l'onde, si bien que les U ne dépendent plus que des T. D'ailleurs T est relié à p et à σ par l'équation de compressibilité soit des gaz frais (pour le point 1), soit des gaz brûlés (pour le point 2). Les U sont donc des fonctions seulement des p et des σ.

p_2 et p_1 sont très probablement sensiblement constantes sur toute l'étendue de la surface du cône. Mais évitons de faire cette hypothèse, et plaçons-nous en un point particulier de cette surface. Au voisinage de la base du cône, la pression intérieure p_1 peut être considérée comme égale à la pression qui règne dans la section terminale de l'ajutage; au contraire, la pression extérieure p_2 peut être considérée, puisque nous sommes ici sur le bord de la veine gazeuse, comme égale à la pression extérieure p. C'est pour un tel point que nous supposerons écrites les équations (2). Nous pouvons donc leur adjoindre les suivantes

$$(3)\qquad p_2 = p$$

et, puisque le gaz s'écoule sans brûler entre le réservoir (état 0) et la section

---

([1]) *Recherches photométriques sur les flammes colorées* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. **18**, 1879).

terminale de l'ajutage (état 1),

$$p_0\sigma_0^\gamma = p_1\sigma_1^\gamma. \tag{4}$$

Les équations (2), (3), (4), qui sont au nombre de quatre, déterminent les quatre quantités p_1, σ_1, p_2, σ_2 si l'on suppose D_1 donné ou simplement fonction connue de p_1, σ_1. Portant la valeur de p_1 ainsi obtenue dans (1) à la place de p, on obtiendra la nouvelle valeur du débit.

3. On peut terminer les calculs en tenant compte du fait que la variation de pression $\Delta p = p_1 - p_2$ produite par l'onde est faible et en négligeant les quantités de l'ordre de son carré. Ils conduisent alors aux résultats suivants.

Soit T la température du mélange non brûlé quand il atteint la pression p par une détente adiabatique issue de p_0, σ_0, T_0. Calculons approximativement la température T_2 comme si c'était la température de combustion à pression constante à partir de l'état p, T. De là on tire une valeur approchée de σ_2, lequel peut donc être considéré comme connu. On trouve alors, en posant $\frac{p}{p_0} = \lambda$,

$$\Delta p = \frac{1}{\sigma_0^2}\lambda^{\frac{1}{\gamma}}\left(\sigma_2\lambda^{\frac{1}{\gamma}} - \sigma_0\right)D_1^2.$$

D'où, par le moyen de (1),

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{1}{\gamma}\,\frac{1-\frac{\gamma+1}{2}\lambda^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1-\lambda^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}\,\frac{\Delta p}{p_0\lambda} = \frac{1}{\gamma}\,\frac{1-\frac{\gamma+1}{2}\lambda^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1-\lambda^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}\,\frac{\lambda^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{p_0\sigma_0^2}\left(\sigma_2\lambda^{\frac{1}{\gamma}} - \sigma_0\right)D_1^2.$$

Cette formule donne la diminution de débit (car ΔM est négatif) résultant du fait que le gaz est enflammé à sa sortie de l'orifice. Elle contient malheureusement D_1, célérité de la flamme, dont il faudra se contenter de demander la valeur approchée à l'expérience.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Figures ellipsoïdales d'équilibre d'un liquide en rotation, variation du grand axe.* Note [1] de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. P. Appell.

En introduisant comme paramètre le grand axe, au lieu de la densité, dans les formules de discussion des figures ellipsoïdales d'équilibre (voir

[1] Séance du 15 juillet 1919.

P. Appell, note A, *Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1919), on obtient *la variation de la grandeur des figures* en même temps que la variation de la forme et l'on peut calculer *les valeurs réelles des éléments* au cours de l'évolution et de la contraction de la masse, en supposant le moment de rotation constant.

On aura pour les ellipsoïdes de révolution

$$g = \frac{50}{3fM^3}\frac{\mu^2}{a} = 4h\sqrt{1+l^2} = 4\sqrt{1+l^2}\left(\frac{3+l^2}{l^3}\operatorname{arc\,tang} l - \frac{3}{l^2}\right).$$

On démontre facilement que cette expression g est toujours croissante avec l, de 0 à 2π, pour l croissant de 0 pour la sphère, à l'infini pour le disque aplati. Inversement, le grand axe a de l'ellipsoïde est donc toujours décroissant, mais *tend vers une limite finie*.

A la limite, sur le disque, *la force centrifuge devient égale à l'attraction*, du bord jusqu'au centre. Si la Terre, supposée homogène, se contractait indéfiniment, avec le même moment de rotation, elle aboutirait à un disque de $9^{\text{km}},4$ de rayon, faisant 5,35 tours par seconde. Il faudrait que son moment de rotation ou sa vitesse de rotation soit 26 fois plus grande pour que le rayon du disque-limite soit égal au rayon actuel.

Le moment de rotation de la Lune, ajouté à celui de la Terre, l'augmente de 4,82. Il faudrait que l'ensemble se contracte encore jusqu'à ce que la densité soit 365 fois plus grande qu'actuellement pour atteindre l'aplatissement de l'ellipsoïde de bifurcation des Maclaurin-Jacobi. Le grand axe serait environ 6 fois plus petit que le rayon actuel. Le système Terre-Lune était encore plus éloigné, dans le passé, des figures de bifurcation et notre satellite n'a pas pu provenir d'un dédoublement.

Pour les ellipsoïdes à trois axes, on a la formule

$$g = \frac{50}{3fM^3}\frac{\mu^2}{a} = k\frac{s^{\frac{1}{3}}}{t^{\frac{1}{6}}} = \frac{(s+t)^2}{st}\frac{h}{\sqrt{t}}.$$

A la limite, quand s tend vers zéro, cette valeur tend logarithmiquement vers l'infini, et a tend logarithmiquement vers zéro, avec b et c. *L'ellipsoïde à trois axes tend vers un ellipsoïde de révolution allongé, mais indéfiniment évanouissant.* La force centrifuge devient alors égale à l'attraction, dans la direction du grand axe, de l'extrémité au centre, comme pour les Maclaurin. La vitesse de rotation est double de celle du Maclaurin de même grand axe.

Le moment de rotation μ d'un système double de masses M et m à la distance r peut s'écrire

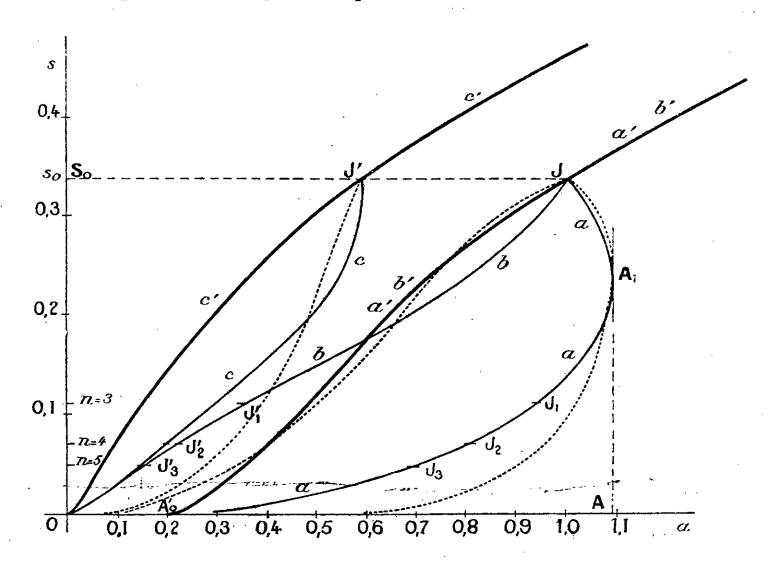
$$\frac{\mu^2}{r} = f\frac{\mathrm{M}^2 m^2}{\mathrm{M}+m} = \frac{\alpha^2}{1+\alpha} f \mathrm{M}^3.$$

On obtient alors

$$g = \frac{50}{3}\,\frac{\alpha^2}{1+\alpha}\,\frac{r}{a}.$$

La distance r des centres de gravité des composantes est tout au plus égale au grand axe a de l'ellipsoïde de rupture. Si l'on prend les valeurs de a et g correspondant à la figure piriforme on trouve que *la petite masse, provenant d'un dédoublement, doit être plus grande que le tiers de la masse centrale*.

Les valeurs de h relatives aux Jacobi ont été calculées par G.-H. Darwin (*Scientific papers*, t. 3, p. 130). La formule ci-dessus permet d'en déduire la valeur de g, puis celle de a et des axes b et c correspondant à tel aplatissement donné par s. La figure représente la variation réelle des deux axes



des Maclaurin en traits forts et des trois axes des Jacobi en traits fins. Les valeurs de s sont en ordonnées. Pour $s = 0$ on a les limites extrêmes : les trois axes de Jacobi tendent vers zéro à l'origine, le grand axe des Maclaurin tend vers A'_0, valeur finie. *A partir du point de bifurcation* J *le grand axe des Jacobi croît d'abord, passe par un maximum pour décroître ensuite.* Il y a dans cet intervalle *deux ellipsoïdes de Jacobi et un de Maclaurin*

qui ont même grand axe. Pour des valeurs du grand axe plus petites que le disque limite des Maclaurin, il n'y a qu'un ellipsoïde de Jacobi comme figure d'équilibre. Entre cette valeur et la bifurcation il y a un Maclaurin et un Jacobi, enfin au delà du maximum un seul Maclaurin.

Les courbes en pointillé sont celles des axes du Jacobi en prenant $\frac{1}{\rho}$ comme ordonnée. Elles donnent directement la variation de ces axes avec la contraction ou la densité ρ. Il y a toujours un maximum du grand axe des Jacobi dans la contraction.

Pour qu'il y ait dédoublement possible, pour une figure dérivée des ellipsoïdes, il faudrait que la force centrifuge tende à égaler l'attraction *avant que l'une des dimensions tende vers zéro*. En bifurquant vers les Jacobi on s'éloigne de cette condition au lieu de s'en rapprocher.

ASTRONOMIE. — *Sur le prochain retour de la comète périodique* 1911, VII (*Schaumasse*). Note de MM. **G. Fayet** et **A. Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Cet astre a été découvert, avec l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice, le 30 novembre 1911, environ trois semaines après son passage au périhélie. Il n'a pu être suivi que jusqu'au 16 février 1912.

Une quarantaine de mesures ont été obtenues dans le cours de cette première apparition; de leur ensemble nous avons conclu comme système d'éléments le plus probable :

Osculation : 1912 février 27,0, temps moyen de Greenwich.

$$\begin{aligned}
M &= 12^\circ.56'.33'',0 \\
\pi &= 137.59.53,6 \\
\Omega &= 93.49.23,7 \\
i &= 17.42.\ 0,3 \\
\varphi &= 44.\ 2.\ 0,8 \\
\mu &= 439'',8297
\end{aligned}
\quad \left.\begin{matrix}\pi\\ \Omega\\ i\end{matrix}\right\} \text{Eclipt. et équin. moyens 1920,0}$$

En 1913, la comète s'est considérablement rapprochée de Jupiter; la distance mutuelle, qui est demeurée inférieure à un pendant plus de 11 mois, est descendue à 0,35 au début d'août 1913. L'évaluation des perturbations correspondantes a été assez laborieuse et, en particulier, il a fallu réduire à 5 jours l'intervalle choisi pour les quadratures, pour toute la période 1913 mai 12 à septembre 19.

Voici le montant des perturbations produites sur les éléments, par Jupiter et Saturne, depuis le 27 février 1912 jusqu'au 8 octobre 1919 :

$$\Delta M + \int\int \frac{d\mu}{dt} dt^2 = +3°.37'.40'',0$$
$$\Delta\pi = -1.30.39,1$$
$$\Delta\Omega = -3.\ 8.\ 2,8$$
$$\Delta i = -2.58.49,5$$
$$\Delta\varphi = +1.\ 1.17,0$$
$$\Delta\mu = +4'',192$$

De sorte que les nouveaux éléments seraient :

Osculation : 1919 octobre 8,0, temps moyen de Greenwich.

$$M = 356°.12'.59'',6$$
$$\left.\begin{array}{l}\pi = 136.29.14,5 \\ \Omega = \ 90.41.20,9 \\ i = \ 14.43.10,8\end{array}\right\} \text{Eclipt. et équin. moyens 1920,0}$$
$$\varphi = \ 45.\ 3.17,8$$
$$\mu = 444'',022$$

Le prochain passage au périhélie, qui se trouve avancé d'environ un mois par le fait des perturbations, aurait donc lieu vers le 8 novembre prochain. Au début de septembre, la comète sera située par 7^h d'ascension droite et 19° de déclinaison boréale; malgré sa faiblesse probable, elle pourrait être recherchée, dès cette époque, à l'aide de plus grands instruments.

ASTRONOMIE. — *Astrolabe photographique impersonnel.* Note de M. **René Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai pu mettre au point, grâce au concours de l'Établissement central du Matériel de la Radiotélégraphie militaire, un astrolabe photographique, dont j'avais d'ailleurs déjà indiqué le principe, en 1914, dans les *Comptes rendus* (¹).

L'appareil se compose des mêmes éléments essentiels que l'astrolabe visuel de MM. Claude et Driencourt. Mais le prisme est retourné : l'arête (horizontale) du dièdre formé par les deux faces obliques est située contre l'objectif. Ces deux faces sont argentées. Quand la hauteur apparente de l'étoile a une valeur voisine de l'angle du prisme, le faisceau de rayons

(¹) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1249.

parallèles que l'on en reçoit frappe la face supérieure du prisme directement, la face inférieure, après réflexion sur le bain du mercure, et donne dans le champ, après s'être réfléchi sur ces deux faces, deux images qui se déplacent de la même manière que dans l'astrolabe ordinaire.

Cette disposition du prisme offre deux avantages :

1° L'angle du prisme est arbitraire;

2° Les rayons lumineux ne pénétrant pas dans le prisme, mais se réfléchissant seulement sur ses faces, on peut, sans inconvénient, utilisant des prismes dont la matière ne soit pas absolument homogène, leur donner de grandes dimensions, ce qui est ici indispensable.

L'angle du prisme de l'astrolabe dont il est ici question a été choisi de 60°. Le diamètre de l'objectif est de 10^{cm}, sa distance focale de 1^{m}.

Dans le plan focal, peut être placé un châssis photographique. Le prisme étant supposé réglé et l'appareil étant calé à l'azimut de l'étoile, les deux images de celle-ci tracent sur la plaque deux traînées. Ces traînées sont interrompues à des secondes rondes au moyen d'un obturateur à volets placé contre la plaque et commandé par une pendule. Les volets restent ouverts pendant une seconde et fermés pendant trois secondes. Les traînées sont ainsi composées d'une série de traits équidistants et l'on peut mesurer sur la plaque les positions occupées par les deux images à des instants correspondant à des secondes rondes et enregistrés sur un chronographe. De l'ensemble d'une série de points correspondants, on peut aisément déduire l'heure de la coïncidence. On voit que l'appareil est entièrement impersonnel, l'observateur ayant pour seule besogne de caler la lunette et de mettre les plaques dans le châssis.

J'ai eu à surmonter une assez grosse difficulté du fait des vibrations du bain de mercure sous l'influence des vibrations du sol. J'ai obtenu un résultat satisfaisant en faisant nager le bain de mercure sur un autre bain de mercure à couche très épaisse.

Prenons pour axe des x l'axe optique de la lunette, supposé horizontal; pour axe des z la verticale passant par le centre optique O et un axe des y perpendiculaire au plan xOz. Soit h et A la hauteur et l'azimut d'une étoile en observation et soit A_1 l'angle que fait le plan des zx avec le plan du méridien. Soit $(60° + a)$ l'angle du prisme.

Posons

$$h = 60° + a + \varepsilon \qquad \text{et} \qquad A_1 - A = \mu,$$

où a, ε et μ sont petits.

Soit $30° - \eta$ l'angle que fait avec l'axe des z la normale à la face supérieure du prisme. Soit ζ l'angle que fait avec l'axe des x, la projection de cette normale sur le plan xOy. Soit de même $150° - \eta'$, l'angle que fait avec l'axe des z la normale à la face inférieure du prisme et soit ζ' l'angle que fait avec l'axe des x la projection de cette normale sur le plan xOy.

Désignant par Y_1Z_1, Y_2Z_2 les coordonnées des images sur la plaque, on établit assez facilement que

$$\frac{Y_1}{f} = \frac{\zeta - \mu}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}(\varepsilon + a)(\zeta + \mu), \qquad \frac{Y_2}{f} = \frac{\zeta' - \mu}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}(\varepsilon + a)(\zeta' - \mu),$$

$$\frac{Z_1}{f} = \varepsilon + 2\eta + \frac{\sqrt{3}}{8}(\mu + \zeta)^2, \qquad \frac{Z_2}{f} = -\varepsilon - 2\eta' - \frac{\sqrt{3}}{8}(\mu + \zeta')^2$$

avec la relation

$$\eta + \eta' = -a - \frac{\sqrt{3}}{2}(\zeta' - \zeta)^2,$$

où f désigne la distance focale de l'objectif.

Si l'on admet que les termes du second ordre sont négligeables, ces équations donnent simplement

$$\frac{Y_1 - Y_2}{f} = \frac{\zeta - \zeta'}{2}, \qquad \frac{Z_1 - Z_2}{f} = 2\varepsilon.$$

Par définition on appelle *coïncidence* l'instant où ε est nul. Les deux images sont alors situées sur une même horizontale (horizontale de coïncidence). On voit immédiatement par l'examen des formules précédentes que l'horizontale de coïncidence est, sur la plaque, parallèle à la bissectrice de l'angle des deux traînées et qu'elle est définie comme la droite qui joint les milieux des points correspondants.

On place la plaque sur une machine de mesure, en l'orientant de telle manière que le fil mobile du micromètre soit parallèle à la bissectrice de l'angle des traînées. Soit Z_H le Z de l'horizontale de coïncidence. Z_H est la moyenne des Z des points correspondants. On adoptera pour Z_H la moyenne des Z_H ainsi déterminés par chaque couple de points correspondants. Soit Z_i le Z d'un point de la traînée directe. Posons

$$Z_i - Z_H = \lambda_i.$$

Chaque point de la traînée directe donne une équation de la forme

$$Z_i = at_i + b.$$

Soient Z_m la moyenne des Z_i et t_m la moyenne des heures observées.

On a

$$a = \frac{Z_m - Z_i}{t_m - t_i}.$$

On a autant de relations de cette forme qu'il y a de points sur la traînée directe. Soit a_m la moyenne des a ainsi obtenus.

On a, d'autre part, pour chaque point,

$$\lambda_i = a_m (t_i - t_{\text{II}}),$$

équation qui donne le temps écoulé entre l'instant t_i relatif à un point de la trajectoire et la coïncidence t_{II}.

Je donne ci-dessous, à titre d'exemple, sur une première ligne, les centièmes de seconde des heures de la coïncidence déduites, par la méthode précédente, des points tracés par l'étoile α Cygne sur un cliché pris le 7 août 1919, et, sur une seconde ligne, leurs écarts avec la moyenne :

Coïncidence : 15, 11, 12, 19, 04, 12, 10, 11, 10, 11, 13, 14, 18, 17, 07, 15, 10, 18, 11
Résidus : +2, −2, −1, +6, −9, −1, −3, −2, −3, −2, −0, +1, +5, +4, −6, +2, −3, +5, −2

Coïncidence moyenne : $17^h 46^m 32^s,126$ Résidu moyen : $\pm 0^s,03$

Ces résultats semblent pouvoir être regardés comme très satisfaisants.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'attaque des verres réduits en poudre.* Note de M. **Paul Nicolardot**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Parmi les essais que j'ai effectués sur les verres [1], ceux qui permettent le mieux de les classer sont les essais systématiques à l'autoclave, à 100°, 120°, 140°, 160° et même, lorsque la chose est possible, à 180°.

Cette étude systématique n'avait jamais encore été entreprise. MM. Fœrster et Mylius ont bien chauffé des verres en autoclave, mais la température de 183° à laquelle ils exécutaient leur unique essai était excessive et ne permet pas de comparer entre eux la plupart des verres. Seule l'élévation systématique de la température fournit des résultats qui permettent de déterminer exactement la résistance des verres aux divers agents chimiques.

Au cours de ces recherches, j'ai été amené à étudier tout spécialement la

---

[1] *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 355. Dans cette Note s'est glissée, pour la teneur en soude du verre B, une erreur tellement évidente (31,23 pour 100 au lieu de 11,23 pour 100) qu'il a paru inutile de la rectifier.

méthode qui consiste à apprécier la valeur des verres par l'action de l'eau pure et de l'eau acidulée chlorhydrique bouillante sur ces verres réduits en poudre. Cette méthode, proposée d'abord par Kohlrausch et dont l'emploi a été rendu officiel à la Physikalische Reichsanstalt, a été critiquée par divers auteurs, notamment par MM. Haber et Schwenke. Elle dépend en effet de la finesse de la poudre, comme les essais suivants le montreront et elle met en jeu des surfaces de rupture qui diffèrent, ainsi que l'a indiqué depuis longtemps Pelouze ([1]), de la surface externe, la seule qui intéresse les chimistes.

Pour bien mettre en évidence le rôle de la finesse du grain ou de l'action de surface, les poudres des différents verres examinés ont été classées par six tamis, de telle manière que le rapport des surfaces des grains varie sensiblement dans le rapport des carrés 2, 4 et 16.

En réalité, les rapports des surfaces des trois sortes de grains qu'ont permis de séparer les tamis sont entre eux comme les nombres 1, 2,84 et 12,8. Deux séries d'essais ont été effectuées en plaçant dans de grands creusets en platine des poids égaux de ces trois sortes de grains, soit avec 300^{cm^3} d'eau distillée, soit avec 300^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 10 pour 100 (décinormal). Le liquide a été maintenu à l'ébullition pendant 3 heures, le volume final étant de 100^{cm^3}. Les conditions étaient donc les mêmes que celles auxquelles les verres entiers avaient été soumis et qu'indique la Note du 9 octobre 1916.

Les pertes sont exprimées pour 1000. En tête des chiffres résultant de ces essais sont rappelés ceux déjà trouvés pour les fioles coniques dans les mêmes conditions.

Action de l'eau pure pour 1000.

	A.	B.	C.	Iéna.	Thuringe (B).	Krasna.	Kavalier.	Zsolna.
Verre entier......	0,12	0,11	0,11	0,09	0,03	0,44	0,28	0,12
Poudre grosse....	1,75	1,00	0,25	0,25	0,25	4,25	1,75	0,25
» moyenne.	2,50	2,00	1,00	0,75	0,75	9,00	2,75	0,75
» fine......	12,75	10,00	6,25	2,75	5,25	61,50	18,50	5,50

Action de l'acide chlorhydrique décinormal pour 1000.

	A.	B.	C.	Iéna.	Thuringe (B).	Krasna.	Kavalier.	Zsolna.
Verre entier.....	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04	0,0
Poudre grosse...	0,50	0,25	1,00	2,00	0,75	2,00	0,75	1,0
» moyenne.	3,50	1,75	2,25	5,25	3,75	6,25	2,50	3,5
» fine.....	32,25	17,00	16,50	40,25	12,50	49,00	17,00	12,0

([1]) *Comptes rendus*, t. 43, 1856, p. 117-123.

L'action de l'eau et de l'acide chlorhydrique décinormal varie bien avec la composition chimique des verres; mais elle dépend surtout du degré de finesse des grains. Si l'on divise respectivement les pertes par 2,84 et 12,8 pour éliminer l'influence de la surface, on obtient en effet les chiffres suivants:

Eau pure pour 1000.

	A.	B.	C.	Iéna.	Thuringe (R).	Krasna.	Kavalier.	Zsolna.
Poudre grosse...	1,75	1,00	0,25	0,25	0,25	4,25	1,75	0,25
» moyenne.	0,88	0,71	0,35	0,26	0,26	3,17	0,97	0,26
» fine.....	1,00	0,78	0,49	0,22	0,41	4,80	1,44	0,43

Acide chlorhydrique décinormal pour 1000.

	A.	B.	C.	Iéna.	Thuringe (R).	Krasna.	Kavalier.	Zsolna.
Poudre grosse...	0,50	0,25	1,00	2,00	0,75	2,00	0,75	1,00
» moyenne.	1,25	0,62	0,80	1,85	1,35	2,20	0,88	1,23
» fine.....	2,52	1,33	1,28	3,14	0,98	3,83	1,23	0,94

L'attaque des poudres de diverses grosseurs par l'eau pure est sensiblement la même; avec l'acide chlorhydrique décinormal, cette attaque augmente, en général, avec la finesse du grain.

Il est à noter en outre que presque tous les verres réduits en poudre, et entre autres le verre d'Iéna, s'attaquent plus avec l'acide chlorhydrique décinormal qu'avec l'eau pure. Ce résultat est en contradiction avec les observations généralement faites sur les récipients entiers. Il permet peut-être d'expliquer pourquoi le verre d'Iéna, après traitement à l'autoclave, laisse détacher à l'ébullition, dans les solutions d'acide décinormal, de petites paillettes et accuse une perte de poids relativement considérable (6^{mg}), alors que les verres de France B, C, D et F ne sont pas plus attaqués (0^{mg} à $0^{mg},5$) après traitement à l'autoclave qu'ils ne l'étaient auparavant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos du sel de soude saturé de l'inosite hexaphosphorique.* Note de M. S. **Posternak** (rectification), transmise par M. L. Maquenne.

J'ai indiqué, dans une Note antérieure [1], que l'inosito-hexaphosphate de soude saturé se dépose de ses dissolutions concentrées, vers 2° ou 3°, sous

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1216.

forme de prismes clinorhombiques efflorescents, fusibles au-dessous de 46° et correspondant à la formule $C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12} + 44H^2O$.

J'ai reconnu depuis qu'il est possible d'obtenir une forme stable de ce composé en le faisant cristalliser vers 20°, ce qui demande beaucoup de temps, les solutions ayant tendance à rester sursaturées et la formation des cristaux étant lente. Le sel préparé dans ces conditions n'est plus efflorescent; il fond à 58°-59° et contient seulement $35H^2O$, partant à 120°.

Les mesures cristallographiques communiquées récemment (¹) se rapportent à cette modalité stable du sel dont la formule est donc

$$C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12} + 35H^2O,$$

et c'est pour éviter toute équivoque que j'ai cru nécessaire de faire cette rectification.

J'ajouterai en passant que le corps en question se laisse titrer avec une grande exactitude en présence d'hélianthine : le virage se produit nettement avec 6 équivalents d'acide normal. Avec la phtaléine du phénol il est progressif et par conséquent indécis, environ $\frac{10}{3}$ d'acide normal par molécule, tandis que l'acide phospho-organique libre demande $\frac{26}{3}$ équivalents de soude normale lorsqu'il est seul et 11,5 lorsqu'il est additionné de chlorure de calcium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'évolution du mélange de sulfate diméthylique et de chlorhydrine sulfurique.* Note de MM. **Ch. Boulin** et **L.-J. Simon**, transmise par M. Ch. Moureu.

I. Lorsqu'on mélange des poids égaux de chlorhydrine sulfurique et de sulfate diméthylique, il se produit un dégagement de chaleur appréciable qui élève la température du mélange d'une dizaine de degrés. Le mélange prend, dès le début, une teinte jaune qui s'accentue avec le temps : jaune orangé au bout d'un mois, elle est rouge brun après trois mois.

Cependant l'acidité du mélange et la teneur en chlore n'ont pas changé; corrélativement, aucune pression ne se révèle, aucun dégagement gazeux ne se manifeste à l'ouverture des tubes scellés où le mélange a été conservé. Le mélange n'est cependant pas resté inerte : au lieu d'un mélange binaire, on se trouve avoir quatre corps en présence, conformément à la

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 138.

formule

$$(1)\qquad SO^2\begin{cases}OCH^3\\OCH^3\end{cases} + SO^2\begin{cases}OH\\Cl\end{cases} = SO^2\begin{cases}OCH^3\\Cl\end{cases} + SO^2\begin{cases}OH\\OCH^3\end{cases}.$$

Le sulfate diméthylique a exercé son pouvoir méthylant sur l'acide chlorosulfonique, et cette réaction est limitée par la réaction inverse. Cette réaction inverse ne peut être soumise à l'étude directe tant qu'on n'aura pas isolé le sulfate acide de méthyle; mais la réaction inverse est d'une observation possible.

L'expérience a établi que, à la température ordinaire, pour un mélange équimoléculaire, l'équilibre est, à première vue, atteint au bout d'un mois et qu'il correspond à un mélange renfermant encore deux molécules de chacune des substances initiales, avec une molécule de chacune des deux autres. Autrement dit, le rapport entre le chlorosulfonate de méthyle formé à celui qui se formerait si la réaction était unilatérale est de $\frac{1}{3}$ environ.

Si nous désignons ce rapport par r,

$$r = 0{,}36.$$

Remarque. — Si au lieu d'employer les deux substances initiales en proportion équimoléculaire on emploie un excès de l'une d'elles (le sulfate diméthylique, 80 pour 100, pour fixer les idées), l'équilibre-limite est le même, mais il n'est atteint qu'au bout d'un temps beaucoup plus considérable :

Au bout de 27 jours, $r = 0{,}07$;

Au bout de 108 jours, $r = 0{,}25$.

On peut accélérer cette évolution vers l'équilibre en chauffant légèrement :

A 30°, après 62 heures, $r = 0{,}09$;

A 40°, après 80 heures, $r = 0{,}36$.

Ces particularités sont tout à fait comparables à ce que l'on sait, depuis Berthelot et Péan de Saint-Gilles, sur l'équilibre de l'éthérification.

II. Cependant le phénomène n'est comparable à une éthérification qu'en partie ou, plus exactement, pendant une première période, car au bout d'un certain temps un autre phénomène vient se superposer au premier. Ce phénomène se manifeste par une variation de l'acidité et il est dû à une réaction du sulfate acide de méthyle formé sur la chlorhydrine sulfurique présente dans l'état d'équilibre

$$(2)\qquad SO^2\begin{cases}OH\\OCH^3\end{cases} + SO^2\begin{cases}Cl\\OH\end{cases} = SO^2\begin{cases}Cl\\OCH^3\end{cases} + SO^4H^2.$$

C'est la formation d'acide sulfurique qui élève l'acidité; simultanément, la préparation de chlorosulfonate de méthyle augmente : le rapport r s'élève. D'autre part, la proportion du sulfate acide de méthyle devrait diminuer simultanément; mais, à mesure qu'il en disparaît par le fait de la réaction (2), il en surgit par celui de la réaction (1) et il s'établit une sorte de compensation. Cette nouvelle évolution est très lente à la température ordinaire et, au bout de 138 jours, elle n'est encore pas terminée; pour l'accélérer, on élève la température; il suffit alors d'une vingtaine d'heures pour parvenir à l'état final, qui est le même, après avoir chauffé à 70° ou 100°. Le rapport $r = 0,54$; la proportion centésimale d'acide sulfurique formé est de 5 pour 100 environ.

III. Il est clair que ceci ne s'applique qu'à l'état statique et que si, par la distillation, on élimine les constituants volatils, les résultats sont très différents. Si l'on effectue une distillation sous pression réduite, on rencontre environ 50 pour 100 de chlorosulfonate de méthyle, mais simultanément la chlorhydrine disparaît presque entièrement, les sulfates monométhylique et diméthylique s'atténuent et, au contraire, l'acide sulfurique s'accumule jusqu'à approcher de 20 pour 100. On se trouve alors dans les conditions voisines de celles qui ont été envisagées pour la préparation du chlorosulfonate de méthyle ([1]). En même temps, il se produit un certain déficit de chlore dû à une perte légère en produits volatils : gaz chlorhydrique et chlorure de méthyle.

La complexité s'accentue encore si l'on distille à la pression ordinaire : il apparaît de l'anhydride sulfurique, la matière charbonne et il en résulte du gaz sulfureux, etc.

IV. On ne peut donc songer à utiliser pour l'analyse des mélanges dont il a été question, l'emploi de la distillation fractionnée, même sous pression réduite, puisque les réactions se poursuivraient au cours de cette distillation.

On y parvient par un traitement préalable avec du sel marin fondu et pulvérisé qui fait passer les substances acides à l'état de sels : chlorosulfonate, méthylsulfate et sulfate de sodium. On distille ensuite sous pression réduite. On n'a plus affaire qu'à un mélange de chlorosulfonate et de sulfate neutre de méthyle. La détermination de l'acidité et du chlore four-

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 140 et 234.

nissent deux données concordantes conformément aux formules

$$SO^2\begin{matrix}\diagup O\,CH^3\\ \diagdown Cl\end{matrix} + 3K\,OH = SO^4K^2 + K\,Cl + CH^3OH + H^2O,$$

$$SO^4(CH^3)^2 + K\,OH = SO^2\begin{matrix}\diagup O\,CH^3\\ \diagdown OK\end{matrix} + CH^3OH.$$

Pour ce qui concerne l'acide sulfurique formé, il résulte de la comparaison de l'acidité finale et de l'acidité initiale sur deux prises d'échantillon.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de la benzaldoxime.* Note (¹) de MM. J. **Bougault** et P. **Robin**, présentée par M. Ém. Bourquelot.

L'un de nous a étudié précédemment l'action de l'iode et du carbonate de soude sur les oximes des acides α-cétoniques. La réaction est complexe. Pour prendre un exemple, l'oxime de l'acide phénylglyoxylique donne ainsi, outre des produits de décomposition plus avancée ($C^6H^5.CO^2H$, CO^2, etc.), du benzonitrile et du peroxyde de diphénylglyoxime (²) :

$$\underset{\text{NOH}}{C^6H^5.\overset{}{C}.CO^2H} \rightarrow C^6H^5.CN \quad \text{et} \quad \underset{N.O.O.N}{C^6H^5.C\text{——}C.C^6H^5}.$$

Comme on le voit, le groupe CO^2 s'élimine au cours de l'opération et tout semble se passer comme si l'oxydation portait sur l'oxime de l'aldéhyde (ici l'aldéhyde benzoïque) résultant du départ de CO^2 dans l'acide α-cétonique. Il était donc naturel de chercher si l'on n'arriverait pas au même résultat en partant des oximes des aldéhydes elles-mêmes.

Nos expériences, effectuées d'abord sur l'oxime de la benzaldéhyde, n'ont pas confirmé ces prévisions.

I. L'action de l'iode et du carbonate de soude sur la benzaldoxime est très complexe. Elle nous a fourni, en dehors de l'acide benzoïque, au moins trois corps que nous avons pu isoler et caractériser, savoir :

(¹) Séance du 11 août 1919.

(²) Dans la première Communication rappelée plus haut, il avait été annoncé que cette réaction donnait, à côté du nitrile, un acidylhydroxamide (dans l'espèce $C^6H^5.COH.NOH$). Cette affirmation, qui reposait sur une analyse erronée, a été rectifiée (voir J. Bougault, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 25, 1919, p. 384).

1° Du peroxyde de benzaldoxime,

$$C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown NO.ON\end{matrix}\begin{matrix}H\diagdown \\ \diagup\!\!\diagup\end{matrix}C.C^6H^5;$$

2° De la benzoylbenzaldoxime,

$$C^6H^5.CH.NO.CO.C^6H^5;$$

3° De la dibenzénylloxoazoxime,

$$C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NO\diagdown \\ \diagdown\;N\;\diagup\!\!\diagup \\ \| \\ O\end{matrix}C.C^6H^5.$$

Ces trois composés avaient été signalés, mais obtenus par des voies différentes. Nous les avons identifiés : les deux premiers en les préparant par les procédés connus et les comparant avec nos produits; le troisième, par le dosage du carbone et de l'hydrogène, par la réduction en dibenzénylazoxime

$$C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup N\diagdown \\ \diagdown O.N\diagup\!\!\diagup\end{matrix}C.C^6H^5$$

au moyen du zinc et de l'acide acétique, enfin par l'obtention de benzonitrile et d'acide benzoïque sous l'influence de l'eau bouillante.

L'identification des trois composés n'est donc pas douteuse.

II. Leur obtention à partir de la benzaldoxime se réalise comme suit :

On dissout 100^g de benzaldoxime brute (mélange des isomères α et β) dans 300$^{cm^3}$ de benzène; on y ajoute une solution de 375^g de carbonate de soude cristallisé dans 1000$^{cm^3}$ d'eau. Dans ce mélange, constamment agité, on verse peu à peu 425$^{cm^3}$ de solution d'iode (I + KI) au cinquième, jusqu'à excès persistant 12 heures. Au bout de ce temps, on détruit l'iode restant par l'hyposulfite de sodium.

Le précipité, qui se forme dès le début de l'addition d'iode, est le peroxyde de benzaldoxime; on le recueille par filtration.

La solution benzénique contient les deux autres composés qui peuvent en être extraits et séparés par des cristallisations convenablement conduites.

Mais il est plus avantageux d'utiliser, pour leur séparation, la propriété que nous avons reconnue à ces corps de se combiner à l'iode, dans des conditions d'ailleurs différentes pour chacun d'eux.

Si, à une solution éthérée, même assez diluée de dibenzénylloxoazoxime, on ajoute de l'iode, il se forme une combinaison cristallisée brune, à reflets mordorés, très peu soluble dans ce dissolvant. Cette combinaison, assez

stable, répond à la formule $C^{14}H^{10}N^2O^2I^2$ et est susceptible de régénérer la dibenzényloxoazoxime par simple agitation avec une solution aqueuse d'hyposulfite de sodium.

Ayant ainsi débarrassé le mélange de la presque totalité de la dibenzényloxoazoxime, on reprend le résidu par très peu de benzène et on l'agite avec une solution concentrée de carbonate de soude et d'iode. Il se forme une combinaison iodée noir verdâtre de benzoylbenzaldoxime, dont nous n'avons pas déterminé la composition. Nous avons seulement observé qu'elle régénère la benzoylbenzaldoxime sous l'action de l'hyposulfite de sodium, ce qui suffisait pour le but à atteindre.

Les rendements dans cette opération sont les suivants :

Peroxyde de benzaldoxime........	35	pour 100
Benzoylbenzaldoxime.............	4 à 6	»
Dibenzényloxoazoxime............	15 à 20	»

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AOUT 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. Lacroix donne lecture du rapport suivant :

La création d'un Conseil International de Recherches scientifiques par la Conférence des Académies alliées et associées, tenue à Bruxelles, du 18 *au* 28 *juillet* 1919.

La troisième conférence des Académies alliées et associées s'est tenue à Bruxelles, du 18 au 28 juillet. Elle avait été convoquée par le Comité exécutif, nommé par la Conférence de Paris en novembre dernier (M. Émile Picard, président, M. Schuster, secrétaire général, MM. Georges Hale, Lecointe, Volterra) afin de discuter le projet de statuts d'un Conseil international de recherches qu'il avait reçu mission d'élaborer.

La réunion a été particulièrement nombreuse et brillante. Notre Académie était représentée par 15 de ses membres : MM. A. Lacroix, secrétaire perpétuel, Haller, Delage, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Lallemand, Moureu, de Launay, Quénu, Flahault, Koenigs, de Chardonnet, Andoyer, et par un de ses correspondants, M. Henri Parenty, auxquels s'étaient joints 24 savants, ingénieurs ou industriels, invités par l'Académie.

MM.
Alfred Angot, Directeur du Bureau central météorologique.
Émile Barbet, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils.
Le comte Aymard de la Baume Pluvinel, Correspondant du Bureau des Longitudes.
M. Béhal, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie, Membre de l'Académie de Médecine.

Le Lieutenant-Colonel André Bellot, Adjoint au Directeur du Service géographique de l'Armée.

Albert Caquot, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ancien Directeur de la Section technique d'aviation.

Le Dr Anatole Chauffard, Membre de l'Académie de Médecine.

Le Dr Pierre Delbet, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

Camille Delezenne, Professeur à l'Institut Pasteur, Membre de l'Académie de Médecine.

Charles Drouets, Directeur de l'Office national de la Propriété industrielle.

Le Général Ferrié, Correspondant du Bureau des Longitudes, Inspecteur général des Services de la Télégraphie militaire.

Jean Gérard, Secrétaire général de la Société de Chimie industrielle.

Guillaume Grandidier, Secrétaire général de la Société de Géographie.

Le Dr Henri Hartmann, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine.

Hanriot, Directeur des essais à la Monnaie, Membre de l'Académie de Médecine.

Louis Joubin, Professeur au Museum national d'Histoire naturelle et à l'Institut océanographique.

Ferdinand Mainié, Président de l'Association des inventeurs et artistes industriels, Membre de l'Office national de la Propriété industrielle.

Charles Marie, Secrétaire général des Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie.

R. Marquis, Chef des travaux à l'Institut de Chimie appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Charles Rabut, ancien Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

J. Renaud, Membre du Bureau des Longitudes, Directeur du Service hydrographique de la Marine.

Paul Séjourné, Sous-Directeur de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Albert Vaunois, Membre de la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle.

Le comte Henri de la Vaulx, Vice-Président de la Fédération aéronautique internationale.

L'Académie royale des Sciences de Belgique nous a donné la plus large et la plus aimable des hospitalités dans son somptueux Palais des Académies.

S. M. le Roi des Belges a honoré de sa présence la séance d'ouverture, à laquelle assistait M. Hermignie, ministre des Sciences et Arts, et M. le Vice-Directeur de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique qui ont pris la parole pour nous souhaiter la bienvenue.

Sur la proposition de M. le Président de l'Académie de Belgique, le Conseil exécutif a été choisi comme Bureau de la session, M. Georges Hale et

M. Émile Picard, retenus loin de Bruxelles, étant respectivement remplacés par M. W.-W. Campbell et par M. A. Lacroix.

C'est en cette qualité que j'ai eu l'honneur de présider aux travaux de la Conférence. Pour donner à l'Académie un bref aperçu de ce qu'ils ont été, je me permets de reproduire ci-dessous les paroles que j'ai prononcées à la clôture de la Conférence et dans lesquelles ont été résumés les principaux résultats acquis. Il ne me restera plus ensuite qu'à préciser quelques détails.

« Messieurs,

» Notre tâche est accomplie.

» Nous nous sommes réunis ici pour fonder définitivement entre nations alliées et associées un Conseil de Recherches scientifiques ayant pour but principal de coordonner l'activité internationale dans les différentes branches de la science et de ses applications.

» Les statuts de ce Conseil ont été rédigés. Vous les avez votés. Pour donner de la vie à votre œuvre, il ne reste plus qu'à obtenir l'adhésion de nos Académies, Conseils nationaux ou Gouvernements. Chacun de nous, dans la limite de ses forces, devra s'employer à seconder l'activité du Conseil exécutif chargé de cette négociation.

» En risquant tout, fors l'honneur, en risquant jusqu'à son bien le plus précieux et le plus cher, son indépendance nationale, pour rester fidèle à ses engagements et barrer la route à la barbarie, la Belgique a mérité l'estime et la reconnaissance du monde. Haute autorité morale constituée par l'Union de savants appartenant à toutes les disciplines, à toutes les nations qui ont lutté côte à côte pour le même idéal, la présente Conférence a jugé qu'elle ne pouvait mieux manifester cette estime et cette reconnaissance qu'en décidant à l'unanimité que Bruxelles devient le siège légal du Conseil international de Recherches scientifiques. C'est à Bruxelles que, tous les trois ans, se tiendront désormais ses Assemblées générales, c'est à Bruxelles que seront conservées ses Archives, que seront reçus et administrés, suivant la loi belge, les dons et legs qu'elle pourra recevoir.

» Parmi les moyens dont le Conseil international de Recherches doit user pour la réalisation de son but, il faut mettre en première ligne la création d'Unions internationales correspondant aux principaux groupements des Sciences. Ces Unions posséderont un budget et une administration propres, elles pourront se diviser en sections autonomes utilisant librement des ressources réparties par les soins du Conseil exécutif de l'Union; à leur tour, elles auront le droit de se subdiviser en commissions permanentes ou provisoires.

» Il semble que la contemplation des astres porte plus les hommes à l'association que l'étude des phénomènes ou des êtres rapprochés d'eux. Les astronomes, en effet, sont venus ici plus nombreux que tous autres; ils ont apporté pour leur Union un projet de statuts très étudié qui a été bientôt pris pour modèle général [1]. Puis se sont groupés les géodésiens et les géophysiens, les chimistes et les biologistes.

---

[1] Il faut noter que les grands traits du programme de l'Union astronomique et de

» Plusieurs autres Unions ont été envisagées ou préparées; leur établissement définitif sera l'affaire de demain.

» Malgré la symétrie d'organisation imposée à toutes les Unions, filles majeures du Conseil international de Recherches, chacune d'elles conserve une grande souplesse.

» C'est ainsi que l'Union astronomique n'a pas usé de son droit de se diviser en sections, elle est restée une, mais elle a institué dans son sein une trentaine de commissions indépendantes, alors que l'Union géodésique et géophysique, ainsi que l'Union des sciences biologiques ont admis six sections.[1]

» Ainsi nous venons de délimiter de vastes territoires, nous les avons pourvus d'une constitution, nous avons même poussé la sollicitude jusqu'à leur donner un gouvernement. Une petite conférence de la Paix se termine aujourd'hui; son œuvre sera-t-elle meilleure ou pire que celle de la grande? L'avenir le montrera, mais il n'est pas téméraire de penser, et même de dire, que cette œuvre vaudra ce que la feront ses artisans.

» Nous avons nommé une profusion de Présidents, de Vice-Présidents, de Secrétaires généraux. Je suis certain que tous prendront leur rôle à cœur, et que tous sont bien pénétrés de cette pensée qu'ils sont non seulement investis de beaucoup d'honneurs, mais aussi chargés de lourds devoirs. Ce brillant état-major va se mettre résolument à l'ouvrage pour grouper une armée de chercheurs et pour surmonter les difficultés d'ordre varié qui, n'en doutez pas, ne manqueront pas de se dresser parfois devant eux. Les noms de ces chefs sont de bon augure pour la solidité des résultats qu'ils apporteront dans trois ans à notre prochaine assemblée générale.

» L'ère des discours est close, l'heure du travail fécond vient de sonner!

» A la Conférence de Londres, il a été établi comme principe légitime et nécessaire de ne constituer nos organismes de paix qu'entre les nations qui ont été unies dans les heures critiques, qui ont combattu et souffert ensemble et ont ainsi conquis le droit d'exposer clairement et nettement ce qu'elles veulent et *ce qu'elles ne veulent pas*.

» Aujourd'hui, la maison est prête, l'entrée en restera interdite aux Allemands et à leurs alliés, mais nous avons pensé que le moment était venu d'inviter les savants des nations neutres à collaborer avec nous. Vous avez approuvé unanimement la proposition qui vous a été faite à cet égard par le Conseil exécutif.

» Il est une Académie des Sciences qui, bien que comptant parmi nous beaucoup de sympathies, ne fait pas partie de notre Association, nous nous plaisons à espérer qu'un jour se lèvera où le ciel s'éclaircissant au-dessus de la Néva, le retour à d'anciennes et cordiales relations deviendra possible.

» Il me reste l'agréable devoir de remercier en votre nom tous ceux qui, à des titres divers, y ont droit.

---

l'Union géodésique et géophysique avaient été élaborés par plusieurs membres de cette Académie et par leurs collègues du Bureau des Longitudes; ce programme avait servi de base aux discussions de la Conférence de Paris.

» Nous avons été très honorés de l'intérêt que S. M. le Roi des Belges a bien voulu témoigner à nos travaux en venant inaugurer cette Conférence.

» Nous prions le Gouvernement de la Belgique d'agréer aussi nos remercîments et nous n'oublierons pas la cordialité de l'accueil que nous ont réservé M. le Ministre des Sciences et des Arts, M. le Ministre des Affaires étrangères et M. le Bourgmestre de Bruxelles.

» Je regrette que M. le Directeur de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique soit aujourd'hui retenu loin de nous par d'autres devoirs. Je prie M. le Secrétaire perpétuel Pelseneer de le remercier d'avoir bien voulu accepter notre Présidence d'honneur; je lui demande aussi de transmettre à ses Confrères l'expression de notre gratitude pour l'hospitalité si complète et si aimable qu'ils nous ont donnée dans ce beau Palais des Académies.

» M. Lecointe me permettra de lui dire combien nous avons apprécié les services qu'il a rendus à cette Conférence par son inlassable dévouement mis au service de ses connaissances si étendues, de cette limpidité de vues, de cette netteté et de cette franchise d'expression qui, de longue date, lui ont conquis la sympathie de tous; nous sommes reconnaissants à tous ses collaborateurs de l'empressement qu'ils ont mis à prévenir nos moindres désirs.

» Si nos travaux ont abouti avec tant de facilité, nous le devons à leur excellente préparation par le Comité exécutif nommé l'an dernier à Londres. Vous avez érigé ce Comité en Bureau définitif. Son Président, mon collègue M. Emile Picard, ayant été empêché par l'état de sa santé d'être présent ici, vous avez fait à l'Académie des Sciences de l'Institut de France la gracieuseté de lui conserver la présidence de cette Assemblée. Je dois à mes fonctions de Secrétaire perpétuel de cette Académie d'avoir dirigé vos délibérations. Je m'en trouve fort honoré, mais je me félicite, en outre, de ce que la naissance spontanée et l'existence éphémère de cette présidence me mettent à l'aise pour remercier en votre nom le Comité exécutif de ce qu'il a fait pour vous dans le passé et de le féliciter de l'unanimité avec laquelle ses pouvoirs viennent d'être prorogés de trois ans. Son passé est un sûr garant de l'habileté avec laquelle il saura aider à la constitution effective des Unions projetées.

» Je remercie, enfin, mes collègues du Bureau, M. Volterra et M. Campbell qui remplace M. Georges Hale, dont nous regrettons l'absence, M. Schuster, notre dévoué Secrétaire général, qui sait, avec tant d'aisance, se jouer au milieu des difficultés des affaires internationales et prouver que son activité aussi bien que sa compétence sont sans rivales.

» Permettez-moi, Messieurs, en terminant, de vous exprimer ma gratitude pour la bienveillance avec laquelle vous avez facilité ma tâche; la cordialité qui n'a cessé de régner entre tous et en toutes circonstances montre que le titre un peu long de Conférence des Académies des Nations alliées et associées pourrait être avantageusement remplacé par celui plus court et plus expressif de Conférence des Académies amies. »

Quelques divergences d'opinions s'étant manifestées au sujet du nombre de membres à attribuer au Comité exécutif qui gérera les affaires du Conseil

international dans l'intervalle de deux Assemblées générales, il a été décidé que ce nombre serait fixé à cinq et que les pouvoirs du Conseil exécutif provisoire seraient prorogés de trois ans, avec mission de proposer, s'il y a lieu, à la prochaine Assemblée générale une modification à sa constitution.

Ce Conseil exécutif devra soumettre les statuts, reproduits plus loin, à l'approbation des Académies, Conseils nationaux de Recherches ou Gouvernements répondant pour chaque pays, toutes les résolutions que nous avons prises l'ayant été *ad referendum*. Le Conseil international de Recherches scientifiques sera considéré comme définitivement constitué quand l'adhésion de trois des grands pays fondateurs aura été acquise; il est à souhaiter que cette adhésion soit obtenue pour le 1er janvier 1920.

Ce premier pas fait, le Conseil exécutif devra de la même façon négocier l'adhésion aux Unions dès à présent créées. Il est bien entendu que chacune de ces Unions aura une existence autonome et que l'adhésion à l'une d'elles n'impliquera pas nécessairement l'adhésion à toutes les autres; chaque pays reste donc libre d'agir comme il l'entendra à cet égard.

Dès à présent sont définitivement constituées : l'Union astronomique. l'Union géodésique et géophysique, l'Union de Chimie pure et appliquée; Une Union des sciences biologiques et une Union de Radiotélégraphie scientifique sont parvenues à un terme moins avancé de leur évolution, leurs statuts ont été rédigés à Bruxelles, mais ils doivent être soumis pour approbation aux diverses Académies.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, l'Union astronomique reste une, mais elle a constitué dans son sein 32 commissions; l'Union géodésique et géophysique s'est divisée en six sections : *Géodésie*, *Météorologie*, *Magnétisme terrestre*, *Sismologie*, *Vulcanologie*, *Océanographie physique*. Les six sections de l'Union des sciences biologiques porteront pour titre : *Biologie générale*, *Physiologie*, *Zoologie*, *Botanique*, *Sciences médicales*, *Biologie appliquée*.

Des détails concernant chacun de ces divers organismes, indiquant leurs statuts, la composition de leurs bureaux, le siège de leur secrétariat général seront prochainement publiés. Je me contenterai aujourd'hui de signaler que beaucoup de confiance a été faite à notre Académie. M. Émile Picard reste président du Comité exécutif; nos confrères, MM. Baillaud, Lallemand, Moureu, Delage, ont été respectivement nommés présidents des quatre Unions énumérées plus haut. S. A. S. le prince de Monaco, notre associé étranger, présidera la Section d'Océanographie physique de l'Union géodésique et géophysique, ainsi que la Sous-Section d'Océanographie biologique de l'Union des sciences biologiques, ce qui permettra

une union intime sur les divers points de vue qui intéressent les océanographes.

Le siège légal du Conseil de Recherches est, comme on vient de le voir, fixé à Bruxelles, où se tiendront les Assemblées générales et où seront conservées les Archives. Le Secrétariat aura son siège dans la ville où résidera le Secrétaire général, en l'espèce à Londres.

Indépendamment des Unions dont la mise au point était suffisamment précise pour permettre leur création définitive, des projets ont été préparés pour d'autres groupements : Unions des sciences mathématiques, physiques, géologiques, géographiques, Union de Bibliographie, etc., et leur discussion a été souvent poussée très loin. D'intéressants échanges de vues ont eu lieu entre hommes compétents sur l'*Art de l'Ingénieur*, sur les *Brevets internationaux*, etc., et, là encore, se sont préparées des organisations qui, une fois mûries, seront, comme les précédentes, soumises à l'examen du Comité exécutif; celui-ci, après étude, en référera aux pays contractants, puis prendra une décision, s'il le juge à propos, ou bien remettra le soin de trancher la question à la prochaine Assemblée générale.

Une même préoccupation s'est manifestée dans toutes les Commissions qui ont discuté les projets d'Unions, c'est la volonté de voir créer par les savants des nations alliées et associées des périodiques rapides et impartiaux, chargés de publier, non seulement des listes, mais des analyses des travaux correspondant aux principales sciences; pour plusieurs de celles-ci, des accords sont établis, dès à présent.

Enfin divers vœux ont été présentés par MM. Bowie et Turner, Bigourdan et Ortlet; leur texte sera donné dans le Compte rendu officiel de la Conférence : j'indiquerai seulement que l'un d'eux a pour objet de préconiser le rattachement, sous une forme à étudier, du Conseil international de recherches à la Société des Nations.

Afin de permettre aux membres de notre Académie de se rendre compte des grands traits des nouveaux organismes qui viennent de voir le jour, je donne ci-après les statuts du Conseil International de Recherches scientifiques et aussi, pour exemple, ceux d'une Union, l'Union astronomique. Les statuts de toutes les Unions, et aussi ceux de leurs sections, sont calqués sur ce modèle; ils ne présentent guère entre eux de différences que dans l'exposé des motifs et dans quelques menus détails.

Il me reste, en terminant, à exprimer le souhait que tous mes Confrères

se pénètrent bien de l'importance qu'aura pour le futur développement des sciences le bon fonctionnement de telles Unions internationales, qu'ils veuillent bien leur prêter leur concours et se plier à leur discipline.

La bonne logique eût voulu que la création d'Unions nationales correspondant aux divers groupes de sciences ait été le premier stade de l'organisation de Conseils nationaux, la formation d'un Conseil International de Recherches venant couronner l'œuvre.

Sous la pression des événements, nous avons brûlé les étapes, nous avons supposé le problème résolu et commencé par où nous eussions pu ou dû finir. Il est nécessaire aujourd'hui de revenir à la marche normale, de grouper tous les organismes épars dans notre pays : Laboratoires, Sociétés savantes, et aussi initiatives privées; de les grouper en Unions, à la fois souples et solides et de procéder sans retard à la création d'un Conseil National de Recherches.

L'Académie des Sciences doit à son illustre passé, à la place qu'elle tient dans le développement intellectuel de la France, de se donner à cette tâche, pour laquelle les concours officiels semblent ne devoir pas lui manquer.

STATUTS DU CONSEIL INTERNATIONAL DE RECHERCHES.

I. — *Objet du Conseil international.*

1. Le Conseil international de Recherches a pour but :

a. De coordonner l'activité internationale dans les différentes branches de la science et de ses applications;

b. De provoquer, conformément à l'article 1er des résolutions de Londres (octobre 1918) [1], la création d'Associations ou d'Unions internationales jugées utiles au progrès des sciences;

c. D'orienter l'activité scientifique internationale dans les domaines où il n'existe pas d'Associations compétentes;

d. D'entrer, par des moyens appropriés, en relation avec les Gouvernements des pays adhérents pour recommander l'étude de questions qui sont de sa compétence.

---

(1) « Aussitôt que les circonstances le permettront, les conventions relatives aux associations scientifiques internationales seront, conformément aux statuts ou règlements propres à chacune d'elles, dénoncées par les groupements compétents des Nations en guerre avec les Empires centraux.

» Les nouvelles Associations reconnues utiles au progrès des sciences et de leurs applications seront établies, dès maintenant, par les Nations en guerre avec les Empires centraux, avec le concours éventuel des Neutres. »

II. — *Siège.*

2. Le siège légal du Conseil international de Recherches est fixé à Bruxelles, où se tiendront les Assemblées générales et où seront conservées les Archives.

Les dons et legs seront reçus et gérés suivant la législation belge.

III. — *Admissions.*

3. Pourront participer à la fondation du Conseil international de Recherches et des Associations qui lui sont rattachées, ou y adhérer ultérieurement, les pays dont les noms suivent :

Belgique, Brésil, États-Unis, France, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, Australie, Canada, Nouvelle-Zélande, Afrique du Sud, Grèce, Italie, Japon, Pologne, Portugal, Roumanie, Serbie.

Lorsqu'une Association sera constituée, les nations non comprises dans l'énumération précédente, mais rentrant dans les conditions de l'article 1er des résolutions de la Conférence de Londres, pourront y être admises, soit sur leur demande, soit sur la proposition de l'un des pays faisant déjà partie de l'Association.

Cette demande ou cette proposition sera soumise à l'Association intéressée, qui décidera à la majorité des trois quarts des voix de l'ensemble des pays déjà associés.

4. Un pays peut adhérer au Conseil international de Recherches ou aux Associations qui lui sont rattachées, soit par son Académie nationale, soit par son Conseil national de Recherches, soit par d'autres institutions ou groupements d'institutions nationales similaires, soit par son Gouvernement.

5. Les statuts des Associations rattachées au Conseil international de Recherches devront être approuvés par celui-ci.

IV. — *Administration du Conseil.*

6. Les travaux du Conseil sont dirigés par l'Assemblée générale formée de l'ensemble des délégués accrédités à cette fin par les pays adhérents.

7. Il est constitué un *Comité exécutif* qui gère les affaires du Conseil dans l'intervalle de deux Assemblées générales, conformément aux résolutions prises à la session précédente.

Ce Comité comprend cinq membres élus par l'Assemblée générale.

8. Le Bureau du Comité exécutif comprend un président, deux vice-présidents et un secrétaire général, élus par l'Assemblée générale ; ils demeurent en fonctions jusqu'à la fin de la deuxième Assemblée générale qui suit celle de leur élection. Exceptionnellement, le mandat du président et de l'un des vice-présidents élus à la fondation du Conseil cesse à la fin de la première Assemblée générale qui suit celle de leur élection. Les membres sortants sont rééligibles.

9. Le Secrétaire général expédie la correspondance et assure la gestion des ressources, ainsi que la préparation et la distribution des publications décidées par l'Assemblée générale.

10. Le Comité exécutif peut pourvoir aux vacances qui surviendraient dans son sein.

Toute personne désignée dans ces conditions demeure en fonctions jusqu'à la réunion

de l'Assemblée générale suivante, qui doit procéder à une élection définitive. Le membre ainsi élu achève le mandat de celui qu'il s'agissait de remplacer.

V. — *Attributions du Comité exécutif.*

11. Dans l'intervalle de deux Assemblées générales, le Comité exécutif peut soumettre des propositions à l'approbation des organismes adhérents; il est tenu de le faire lorsqu'il en est requis par un tiers des voix des pays faisant partie de l'Association.

12. Le Comité exécutif peut nommer des Commissions spéciales pour l'étude de toute question de la compétence du Conseil international de Recherches; leurs membres ne sont pas nécessairement choisis parmi les délégués près le Conseil international de Recherches. Ces Commissions spéciales peuvent, à leur tour, s'adjoindre, par cooptation, de nouveaux membres à la majorité des deux tiers des voix de ceux qui les composent.

13. Le Comité exécutif doit présenter un rapport annuel à l'organisme de chaque pays adhérent au Conseil.

Ces rapports sont aussi envoyés aux délégués à l'Assemblée générale précédente.

VI. — *Assemblées générales.*

14. Le Conseil se réunit en principe tous les trois ans en Assemblée générale ordinaire. Si l'époque de cette réunion n'a pas été arrêtée par l'Assemblée générale précédente, elle est fixée par le Comité exécutif et communiquée, quatre mois au moins à l'avance, aux divers organismes adhérents.

15. Dans des cas spéciaux, le Président peut, avec le consentement du Comité exécutif, convoquer une Assemblée générale extraordinaire; il est tenu de le faire à la demande d'un tiers des voix des pays adhérents.

16. Les délégués des divers pays près l'Assemblée générale sont nommés par les organismes adhérents au Conseil international de Recherches.

17. Le Président du Comité exécutif peut, de sa propre initiative, inviter des hommes de science, non délégués mais appartenant aux pays adhérents, à assister, à titre consultatif, aux séances de l'Assemblée générale.

Les membres des Commissions spéciales mentionnées à l'article 12, ont le droit d'assister, dans les mêmes conditions, aux séances de l'Assemblée générale où sont traitées les questions rentrant dans leurs attributions.

18. L'ordre du jour d'une session est fixé par le Comité exécutif et communiqué au moins quatre mois avant l'ouverture de cette session. Toute question ne figurant pas à l'ordre du jour n'est prise en considération qu'avec l'assentiment préalable de la moité au moins des voix des pays représentés à l'Assemblée générale.

VII. — *Budget et droit de vote.*

19. Le Comité exécutif prépare un budget de prévision pour chaque année de la période comprise entre deux sessions. Une Commission financière, nommée par l'Assemblée générale, est chargée de l'étude de ce budget et de la vérification des comptes de l'exercice précédent. Elle établit, sur ces deux questions, des rapports distincts qui sont soumis à l'Assemblée générale.

A la suite de cet examen financier, le Conseil fixe le taux de la part contributive unitaire.

La cotisation due par un pays et le nombre correspondant de voix qui lui sont attribuées sont réglés d'après le barème suivant :

Population du pays.	Nombre de voix.	Nombre de parts unitaires contributives.
Moins de 5 millions d'habitants	1	1
Entre 5 et 10 millions d'habitants	2	2
Entre 10 et 15 » »	3	3
Entre 15 et 20 » »	4	5
Plus de 20 » »	5	8

Les habitants des colonies et protectorats d'un pays sont comptés dans la population de ce pays, si celui-ci le désire et d'après les indications de son Gouvernement.

Chaque Dominion (Afrique du Sud, Australie, Canada, Nouvelle-Zélande) a un nombre de voix correspondant à sa population et fixé d'après le barème précédent.

La cotisation unitaire perçue pendant la première période de la Convention ne pourra dépasser 250^{fr} annuellement.

Dans chaque pays, l'autorité qui adhère au Conseil est responsable du paiement de la cotisation de ce pays.

20. Les recettes du Conseil provenant des contributions des divers pays sont consacrées aux dépenses du Bureau.

Les ressources provenant de dons sont utilisées par le Conseil international de Recherches en tenant compte des désirs exprimés par les donateurs.

Tout pays qui se retire du Conseil international de Recherches abandonne de ce fait ses droits à l'actif de l'Association.

21. Dans les Assemblées générales, les résolutions concernant les questions d'ordre scientifique sont prises à la majorité des voix de tous les délégués présents. Pour les questions d'ordre administratif et pour les questions mixtes, le vote a lieu par État, le nombre de voix de chaque État étant fixé à l'article. S'il y a doute sur la catégorie dans laquelle doit être rangée une question à discuter, le Président décide.

Dans les Commissions, les décisions sont prises à la majorité des voix des membres qui les composent, et non par pays.

En toutes circonstances, s'il y a égalité de voix, celle du Président est prépondérante.

22. Pour les questions administratives figurant à l'ordre du jour, un pays qui n'est pas représenté peut envoyer par écrit son vote au Président. Pour être valable, ce vote doit être reçu avant le dépouillement du scrutin.

VIII. — *Durée de la convention et modifications.*

23. La présente convention entrera en vigueur le 1er janvier 1920, à la condition que trois au moins des pays mentionnés à l'article 3 y aient adhéré. Elle sera valable jusqu'au 31 décembre 1931. Après cette date, elle sera renouvelée pour une autre période de douze ans, avec l'assentiment des pays adhérents.

24. Aucun changement ne pourra être apporté aux termes de la présente convention sans l'approbation des deux tiers des voix des pays intéressés.

25. Le présent texte français servira exclusivement pour l'interprétation à donner aux articles de la convention.

STATUTS DE L'UNION ASTRONOMIQUE INTERNATIONALE.

I. — *Objet de l'Union et conditions d'admission.*

1. L'Union a pour but :

1° De faciliter les relations entre les astronomes des divers pays lorsqu'il est utile ou nécessaire d'avoir recours à une coopération internationale;

2° De favoriser l'étude de l'Astronomie dans toutes ses branches.

2. L'admission d'un État à l'Union est subordonnée aux conditions fixées par les statuts du Conseil international de Recherches.

II. — *Comités nationaux.*

3. Un Comité national est constitué dans chacun des pays adhérant à l'Union. Il est créé sur l'initiative soit de son Académie nationale, soit de son Conseil national de Recherches ou des autres institutions ou groupements d'institutions nationales similaires, soit de son Gouvernement.

4. Les Comités nationaux ont pour attributions de faciliter et de coordonner, sur leurs territoires respectifs, l'étude des diverses branches de l'Astronomie, envisagées principalement au point de vue international. Chaque Comité national, soit seul, soit de concert avec un ou plusieurs autres Comités nationaux, a le droit de soumettre à l'Union des questions à discuter rentrant dans la compétence de celles-ci.

Les Comités nationaux désignent les délégués chargés de les représenter aux Assemblées de l'Union.

III. — *Administration de l'Union.*

5. Les travaux de l'Union sont dirigés par l'*Assemblée générale* des délégués.

6. Le « Bureau » de l'Union comprend un président, cinq vice-présidents au plus et un secrétaire général élus par l'Assemblée générale; ils demeurent en fonctions jusqu'à la fin de la deuxième Assemblée générale ordinaire qui suit celle de leur élection. Exceptionnellement, le mandat du président et de trois des vice-présidents (désignés par un tirage au sort) nommés à la fondation de l'Union, expire à la fin de la prochaine Assemblée générale ordinaire qui suit celle de leur élection.

Ce Bureau forme le *Comité exécutif de l'Union.*

Les membres sortants sont rééligibles.

Les cinq vice-présidents sont choisis de manière à représenter les différentes branches de l'Astronomie.

Le Comité exécutif peut pourvoir aux vacances qui surviendraient dans son sein. Toute personne désignée dans ces conditions demeure en fonctions jusqu'à la réunion de l'Assemblée générale suivante, qui doit procéder alors à une élection définitive. Le membre ainsi élu achève le mandat de celui qu'il s'agissait de remplacer.

Il existe, en outre, un *Bureau administratif*, qui, sous la direction du Secrétaire général de l'Union, expédie la correspondance, gère les ressources et assure la conservation des archives ainsi que la préparation et la distribution des publications approuvées par l'Assemblée générale.

IV. — *Commissions.*

7. L'Union nomme des *Commissions* pour l'étude de sujets déterminés d'astronomie, pour l'encouragement d'entreprises collectives et pour l'examen de questions de convention et de standardisation.

Ces Commissions présentent des rapports sur les travaux dont elles sont chargées.

8. Le Président et les membres de chacune de ces Commissions sont élus par l'Assemblée générale sur la proposition du Comité exécutif de l'Union. Ils restent en fonctions jusqu'à la fin de l'Assemblée générale ordinaire suivante et sont rééligibles.

Lorsqu'une Commission comprend des membres désignés en partie par l'Union astronomique et en partie par une autre Union rattachée au Conseil international de Recherches, elle a la faculté d'élire elle-même son Président.

Les Commissions établissent elles-mêmes leur règlement d'ordre intérieur; elles peuvent s'adjoindre, par cooptation et à la majorité des deux tiers des voix, de nouveaux membres appartenant aux pays représentés près l'Union et qui ne sont pas nécessairement délégués.

9. Avec l'approbation du Comité exécutif, une Commission peut avoir ses propres publications et confier une partie quelconque de ses travaux à des institutions nationales ou même à des particuliers.

V. — *Assemblées générales.*

10. L'Union se réunit en principe tous les trois ans en Assemblée générale ordinaire. Si l'époque et le lieu de cette réunion n'ont pas été arrêtés par l'Assemblée générale précédente, ils sont fixés par le Comité exécutif et communiqués, quatre mois au moins à l'avance, aux organismes adhérents.

11. Dans des cas spéciaux, le Président peut, avec le consentement du Comité exécutif, convoquer une Assemblée générale extraordinaire; il est tenu de le faire à la demande d'un tiers des voix des pays adhérents.

12. Tous les membres des Comités nationaux peuvent assister aux réunions de l'Assemblée générale et prendre part aux discussions, mais seulement avec voix consultative. Le Président de l'Union peut inviter des hommes de science, non délégués, mais appartenant à des pays adhérents, à assister, à titre consultatif, aux séances de l'Assemblée générale.

Les membres, non délégués, des Commissions mentionnées à l'article 8, ont le droit d'assister, dans les mêmes conditions, aux séances de l'Assemblée générale où sont traitées les questions rentrant dans leurs attributions.

13. L'ordre du jour d'une session est fixé par le Comité exécutif et communiqué au moins quatre mois avant l'ouverture de cette session. Toute question ne figurant pas à l'ordre du jour n'est prise en considération qu'avec l'assentiment préalable de la moitié au moins des voix des pays représentés à l'Assemblée générale.

VI. — *Budget et Droit de vote.*

14. Le Comité exécutif prépare un budget de prévision pour chaque année de la période comprise entre deux sessions. Une Commission financière, nommée par l'Assemblée générale, est chargée de l'étude de ce budget et de la vérification des comptes de l'exercice précédent. Elle établit, sur ces deux questions, des rapports distincts qui sont ensuite soumis à l'Assemblée générale.

A la suite de cet examen financier, l'Union fixe le taux de la part contributive unitaire.

La cotisation due par un pays et le nombre correspondant de voix qui lui sont attribuées sont réglés d'après le barème suivant :

Population du pays.	Nombre de voix.	Nombre de parts unitaires contributives.
Moins de 5 millions d'habitants	1	1
Entre 5 et 10 millions d'habitants	2	2
Entre 10 et 15 » »	3	3
Entre 15 et 20 » »	4	5
Plus de 20 » »	5	8

Les habitants des colonies et protectorats d'un pays sont comptés dans la population de ce pays, si celui-ci le désire, et d'après les indications de son Gouvernement.

Chaque Dominion (Afrique du Sud, Australie, Canada, Nouvelle-Zélande) a un nombre de voix correspondant à sa population et fixé d'après le barème précédent.

La cotisation unitaire perçue pendant la première période de la Convention ne pourra dépasser 1500^{fr} annuellement.

Dans chaque pays, l'autorité qui adhère à l'Union est responsable du paiement de la cotisation de ce pays.

15. Les recettes de l'Union provenant des contributions des divers pays sont consacrées à payer :

1° Les frais de publication et les dépenses accessoires d'administration;

2° Les frais de réduction et de discussion des observations, y compris la rémunération d'assistants.

Les ressources provenant de dons sont utilisées par l'Union en tenant compte des désirs exprimés par les donateurs.

Tout pays qui se retire de l'Union abandonne de ce fait ses droits à l'actif de l'Association.

16. Dans les Assemblées générales, les résolutions concernant les questions d'ordre scientifique sont prises à la majorité des voix de tous les délégués présents. Pour les

questions d'ordre administratif et pour les questions mixtes, le vote a lieu par État, le nombre de voix de chaque État étant fixé à l'article 14.

S'il y a doute sur la catégorie dans laquelle doit être rangée une question à discuter, le Président décide.

Dans les Commissions, les décisions sont prises à la majorité des voix des membres qui les composent, et non par pays.

En toutes circonstances, s'il y a égalité de voix, celle du Président est prépondérante.

17. Pour les questions administratives figurant à l'ordre du jour, un pays qui n'est pas représenté peut envoyer par écrit son vote au Président. Pour être valable, ce vote doit être reçu avant le dépouillement du scrutin.

VII. — *Règlements intérieurs.*

18. L'Assemblée générale peut édicter des règlements intérieurs concernant, soit la conduite de ses travaux, soit les devoirs généraux qui incombent aux membres du Comité, soit, en général, tous objets non prévus par les statuts.

De même, chaque Commission peut élaborer des règlements pour la conduite de ses propres travaux. Avant d'entrer en vigueur, ces règlements doivent être approuvés par l'Assemblée générale. Aucun d'eux ne peut contenir de prescriptions contraires aux termes de la présente convention.

VIII. — *Durée de la convention et modifications.*

19. La présente convention est valable jusqu'au 31 décembre 1931. Après cette date, elle sera renouvelée pour une autre période de douze ans, avec l'assentiment des pays adhérents.

20. Aucun changement ne pourra être apporté aux termes de la présente convention sans l'approbation des deux tiers des voix des pays intéressés.

21. Le présent texte français servira exclusivement pour l'interprétation à donner aux articles de la convention.

A la suite de la lecture de ce Rapport, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Je tiens à adresser les remercîments de l'Académie à notre éminent Secrétaire perpétuel, M. A. Lacroix, qui a présidé avec un plein succès la Conférence des Académies interalliées à Bruxelles. Si la désignation à la présidence dont il a été l'objet est pour lui un honneur personnel, cet honneur rejaillit en même temps sur l'Académie. Je remercie également ceux de nos Confrères qui se sont rendus à Bruxelles pour prendre part aux travaux de la Conférence, et aussi les personnes étrangères à l'Académie qui se sont jointes à eux.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les représentations d'un entier par les formes positives d'Hermite dans un corps quadratique imaginaire* ([1]). Note ([2]) de **M. G. Humbert.**

1. *Extension d'une formule de Dirichlet.* — Soient $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_h$ des formes quadratiques binaires positives, à coefficients entiers ordinaires, choisies, une par classe, dans les h classes *proprement primitives* de discriminant P, et de telle sorte que leurs premiers coefficients soient premiers à 2P.

Dans son Analyse classique, Dirichlet part de la formule (où $\tau = 2$, si $P > 1$; $\tau = 4$, si $P = 1$; et où s est une constante > 1)

$$\frac{1}{\tau}\sum_{j;\,x,y} \varphi_j^{-s}(x, y) = \sum \frac{2^\mu}{m'^s}; \tag{1}$$

au premier membre la somme s'étend à $j = 1, 2, \ldots, h$ et aux systèmes d'entiers x, y, premiers entre eux, tels que $\varphi_j(x, y)$ soit premier à $2P$; au second, m' parcourt les entiers positifs, *premiers à* $2P$, dont $-P$ est résidu quadratique; si $m' = p^\alpha p'^{\alpha'} \ldots$, μ désigne le nombre des facteurs premiers $p, p', \ldots$ distincts.

On reconnaît que (1) subsiste lorsque, P *n'ayant aucun facteur carré*, autre que 1, m' (impair) admet, *à la puissance un au plus*, un ou plusieurs des facteurs premiers impairs ϖ_i de P; alors, si $m' = p^\alpha p'^{\alpha'} \ldots \varpi_i \varpi_j \ldots$, le nombre μ est toujours celui des $p, p', \ldots$, les ϖ_i n'étant pas comptés. Naturellement, les $p, p', \ldots$ sont des facteurs premiers impairs dont $-P$ est résidu.

En poursuivant alors l'Analyse de Dirichlet, on met le second membre de (1) sous la forme

$$\prod_r \frac{1 + \frac{1}{r^s}}{1 - \left(\frac{-P}{r}\right)\frac{1}{r^s}},$$

le produit s'étendant à *tous* les entiers premiers impairs r, *y compris les* ϖ_i, et $\left(\frac{-P}{r}\right)$ étant pris nul si r divise P. De là, toujours en suivant Dirichlet,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 205.

([2]) Séance du 18 août 1919.

on déduit, pour l'équation (1), la forme

$$(2)\qquad \frac{1}{\tau}\sum_{j;\,x,y}\varphi_j^{-s}(x,y)=\sum\frac{1}{n^s}\sum\left(\frac{-\mathrm{P}}{n}\right)\frac{1}{n^s}\,\frac{1}{\sum\frac{1}{n^{2s}}}.$$

Au second membre, n parcourt *tous* les entiers positifs impairs, et $\left(\frac{-\mathrm{P}}{n}\right)=0$ si n n'est pas premier à P. Au premier membre, dans φ_j^{-s}, les x, y prennent tous les systèmes x, y, premiers entre eux, tels que $\varphi_j(x,y)$ soit impair, premier ou non à P, *mais n'admette qu'à la première puissance, au plus, les facteurs premiers* ϖ_i *de* P. D'ailleurs, cette restriction peut être supprimée, car, par les hypothèses de x, y premiers entre eux, de P sans diviseur carré, et par celle faite sur le premier coefficient de la forme $\varphi_j(x,y)$, cette forme ne peut être divisible par ϖ_i^2.

Chassant alors dans (2) le dénominateur $\sum\frac{1}{n^{2s}}$, on trouve, en posant $nx=\xi$, $ny=\eta$,

$$(3)\qquad \frac{1}{\tau}\sum_{j;\,x,y}\varphi_j^{-s}(\xi,\eta)=\sum\frac{1}{n^s}\sum\left(\frac{-\mathrm{P}}{n}\right)\frac{1}{n^s};$$

au second membre, n parcourt *tous* les entiers positifs impairs; au premier, les ξ, η prennent, dans φ_j^{-s}, *tous* les systèmes de valeurs entières tels que $\varphi_j(\xi,\eta)$ soit impair.

C'est la formule étendue que nous avions en vue; elle subsiste évidemment *a fortiori* si n parcourt seulement les entiers positifs premiers à un nombre, 2Δ, donné, et si les ξ, η sont tels que $\varphi_j(\xi,\eta)$ soit premier à 2Δ : c'est dans ce sens que nous l'utiliserons.

2. *Retour aux formes d'Hermite.* — A la fin de la Note précédente, nous avons appelé N le nombre des représentations propres, appartenant à un Idéal *donné* I, d'un entier m, positif et premier à 2Δ, par les formes d'Hermite positives, proprement primitives (une par classe), $f_1, f_2, \ldots, f_{\mathrm{H}}$, de discriminant Δ, dans le corps $i\sqrt{\mathrm{P}}$ (ou $\mathfrak{C}$), et nous avons donné l'expression de N. On en conclut la relation, où s est une constante réelle supérieure à 2,

$$(4)\qquad \sum_{l;\,x,y}\frac{1}{k_l}f_l^{-s}\left(\frac{x}{\mathrm{I}},\frac{y}{\mathrm{I}}\right)=\sum\frac{\mathrm{N}}{m^s}.$$

Au premier membre, k_l est le nombre des transformations linéaires en

elle-même, de déterminant $+1$, de $f_l(x,y)$ (*automorphies*); x, y prennent, dans $f_l\left(\frac{x}{I}, \frac{y}{I}\right)$, les systèmes de valeurs, entières dans $\mathfrak{C}$, telles que $\frac{x}{I}, \frac{y}{I}$ soient premiers entre eux et que $f_l\left(\frac{x}{I}, \frac{y}{I}\right)$ soit premier à 2Δ; au second membre, m parcourt les entiers positifs, premiers à 2Δ, de la forme

$$(5) \qquad m = p^{\alpha} p'^{\alpha'} \ldots \rho^{\beta} \rho'^{\beta'} \ldots,$$

les $p, p', \ldots$ étant des facteurs premiers distincts (>1), premiers à P (et à Δ); les $\rho, \rho', \ldots$ sont les facteurs premiers de P tels que $\left(\frac{-\Delta}{\rho}\right) = +1, \ldots$ $\left(\text{les } \sigma \text{ seraient ceux pour lesquels } \left(\frac{-\Delta}{\sigma}\right) = -1\right)$. Enfin, Δ et P n'ont aucun facteur *impair* commun.

Transformons le second membre de (4), en nous inspirant de l'Analyse de Dirichlet. D'abord, pour $m = 1$, on trouve *directement* $N = 1$, et N, si m a l'expression (5), est donné (Note précédente) par

$$(6) \qquad N = p^{\alpha-1}\left[p - \left(\frac{-P}{p}\right)\right] p'^{\alpha'-1}\left[p' - \left(\frac{-P}{p'}\right)\right] \ldots 2\rho^{\beta}\, 2\rho'^{\beta'} \ldots.$$

Le second membre de (4) s'écrit donc

$$1 + \sum \frac{1 - \left(\frac{-P}{p}\right)\frac{1}{p}}{p^{\alpha(s-1)}}\; \frac{1 - \left(\frac{-P}{p'}\right)\frac{1}{p'}}{p'^{\alpha'(s-1)}} \ldots \frac{2}{\rho^{\beta(s-1)}}\; \frac{2}{\rho'^{\beta'(s-1)}} \ldots;$$

ou, sous forme de produit,

$$\left[1 + \sum_{\alpha=1} \frac{1 - \left(\frac{-P}{p}\right)\frac{1}{p}}{p^{\alpha(s-1)}}\right]\left[1 + \sum_{\alpha'=1}^{\infty} \frac{1 - \left(\frac{-P}{p'}\right)\frac{1}{p'}}{p'^{\alpha'(s-1)}}\right] \ldots \left[1 + \sum_{\beta=1}^{\infty} \frac{2}{\rho^{\beta(s-1)}}\right] \ldots,$$

c'est-à-dire, après sommation des progressions géométriques,

$$(7) \qquad \prod_p \frac{1 - \left(\frac{-P}{p}\right)\frac{1}{p^s}}{1 - \frac{1}{p^{s-1}}}, \quad \prod_\rho \frac{1 + \frac{1}{\rho^{s-1}}}{1 - \frac{1}{\rho^{s-1}}}.$$

Si $\varpi_1, \varpi_2, \ldots$ sont les diviseurs premiers impairs de P (c'est-à-dire les ρ et les σ), le produit $\prod_\rho$ s'écrit évidemment, puisque $\left(\frac{-\Delta}{\rho}\right) = +1$ et

$\left(\frac{-\Delta}{\sigma}\right) = -1,$

$$\prod_{\varpi} \frac{1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}}{1-\frac{1}{\varpi^{s-1}}};$$

on en conclut, pour la quantité (7), l'expression

$$\prod_{r} \frac{1-\left(\frac{-P}{r}\right)\frac{1}{r^s}}{1-\frac{1}{r^{s-1}}}, \quad \prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right],$$

r parcourant TOUS les nombres premiers ordinaires (>1) premiers à 2Δ, *y compris* les ϖ, et $\left(\frac{-P}{r}\right)$ étant nul si r divise P. Cela s'écrit, par une transformation classique,

$$\sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \frac{1}{\sum\left(\frac{-P}{n}\right)\frac{1}{n^s}} \cdot \prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right],$$

n parcourant les entiers positifs premiers à 2Δ, et $\left(\frac{-P}{n}\right)$ étant nul si n n'est pas premier à P.

Tel est donc le second membre de (4), en sorte qu'on a

$$(8) \quad \sum_{l;x,y} \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{x}{I}, \frac{y}{I}\right) = \sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \frac{1}{\sum\left(\frac{-P}{n}\right)\frac{1}{n^s}} \cdot \prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right].$$

Multiplions maintenant, membre à membre, les équations (8) et (3), cette dernière étant interprétée comme on l'a dit à la fin du n° 1 ci-dessus, en sorte que n se trouve avoir la même signification dans les deux équations; il vient :

$$(9) \quad \frac{1}{\tau} \sum_{l;x,y} \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{x}{I}, \frac{y}{I}\right) \cdot {\sum_{j;\xi,\eta}}' \varphi_j^{-s}(\xi, \eta) = \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right],$$

la signification des x, y ; ξ, η ; n, ϖ ayant été indiquée plus haut.

3. *Équation fondamentale.* — Choisissons h idéaux du corps $\mathfrak{C}$, un par classe, par exemple ceux, $I_1, I_2, \ldots, I_h$, respectivement associés aux formes $\varphi_1, \ldots, \varphi_h$; écrivons (9) en y remplaçant I successivement par $I_1, \ldots, I_h$,

et *ajoutons membre à membre les relations obtenues*. Il vient ainsi

$$(10)\qquad \frac{1}{\tau}\sum_{a,\,l;\,x,y} \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}\right)\cdot \sum_{j;\,\xi,\eta}{}' \varphi_j^{-s}(\xi,\eta) = h\sum \frac{1}{n^s}\cdot\sum\frac{1}{n^{s-1}}\cdot\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right],$$

les x, y ayant par rapport à I_a, dans $f_l\left(\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}\right)$, la signification indiquée plus haut par rapport à I, et la définition des ξ, η; n, demeurant la même.

Groupons maintenant les termes de Σ et de Σ', au premier membre de (10), de la manière suivante.

Soit $\varphi_j(\xi,\eta) = q\xi^2 + 2g\xi\eta + l'\eta^2$; elle est associée à l'idéal $I_j = q, g + i\sqrt{P}$). *Donnons-nous* un des idéaux I, soit I_c, et choisissons l'indice a de sorte que l'idéal $I_a I_j$ soit équivalent à I_c, ce qui se peut d'une manière et d'une seule. Associons alors, au premier membre de (10), les termes en φ_j^{-s} et ceux en $f_l^{-s}\left(\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}\right)$, où $l = 1, 2, \ldots, H$, successivement.

Si l'on pose $u = q\xi + (g + i\sqrt{P})\eta$, le nombre u est de I_j; sa norme, uu^0, est $q\varphi(\xi,\eta)$, ou $\varphi(\xi,\eta)\,\mathfrak{N}I_j$, le symbole $\mathfrak{N}$ désignant une norme; on a

$$(11)\quad \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}\right)\varphi_j^{-s}(\xi,\eta) = \frac{1}{k_l}\frac{(uu_0)^{-s}}{(\mathfrak{N}I_j)^{-s}} f_l^{-s}\left(\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}\right) = \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{xu}{I_a I_j}, \frac{yu}{I_a I_j}\right).$$

Mais les *entiers* de $\mathfrak{C}$, xu et yu, sont de l'idéal $I_a I_j$, qui équivaut, par hypothèse à I_c. Dès lors (Note précédente, n° 2) le dernier membre de (11) est $\frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right)$, X et Y étant des entiers de I_c.

De plus, *entre idéaux*, on a (*ibid.*)

$$\frac{X}{I_c} = \frac{xu}{I_a I_j}, \qquad \frac{Y}{I_c} = \frac{yu}{I_a I_j},$$

et, puisque le plus grand commun diviseur des *idéaux* $\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}$ est 1, celui de $\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}$ sera l'idéal $\frac{u}{I_j}$.

D'autre part, u est un entier quelconque de I_j, $u = q\xi + (g + i\sqrt{P})\eta$, tel seulement que $\varphi_j(\xi,\eta)$ soit premier à 2Δ; de même $f_l\left(\frac{x}{I_a}, \frac{y}{I_a}\right)$ est aussi premier à 2Δ; il en résulte que X et Y sont des entiers des I_c, assujettis uniquement aux conditions suivantes :

1° $f_l\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right)$ est, en vertu même de (11), premier à 2Δ;

2° Cette condition étant supposée remplie, le plus grand commun diviseur des idéaux $\frac{X}{I_c}$, $\frac{Y}{I_c}$, à savoir $\frac{u}{I_j}$, est un idéal quelconque de la classe conjuguée à celle de I_j; c'est donc un idéal *quelconque*, puisque, *c étant donné*, *j* peut prendre les valeurs $1, 2, \ldots, h$.

Donnant ensuite à *c* les valeurs successives $1, 2, \ldots, h$, on voit ainsi que le premier membre de (10) prend la forme très simple

$$\frac{1}{\tau}\sum_{l,\,c;\,X,\,Y}\frac{1}{k_l}f_l^{-s}\left(\frac{X}{I_c},\frac{Y}{I_c}\right), \tag{12}$$

où $l=1, 2, \ldots, H$, et $c=1, 2, \ldots, h$; dans l'expression $f_l\left(\frac{X}{I_c},\frac{Y}{I_c}\right)$, X et Y sont des entiers *quelconques* de l'idéal I_c, soumis *seulement* à la condition que cette expression ait une valeur première à 2Δ.

Avant d'égaler (12) au second membre de (10), il faut y supprimer le facteur $\frac{1}{\tau}$. Car, soit par exemple $P>1$, d'où $\tau=2$; en posant

$$f_l\left(\frac{xu}{I_a I_j},\frac{yu}{I_a I_j}\right)=f_l\left(\frac{X}{I_c},\frac{Y}{I_c}\right)=m, \tag{13}$$

on trouve *m* pour les valeurs εx, εy, ηu de x, y, u ($\varepsilon, \eta=\pm 1$), soit *quatre* fois; on le trouve de même pour les valeurs εX, εY, de X, Y, soit *deux* fois : il faut donc, quand on passe des x, y, u aux X, Y, *doubler* la quantité (12), donc supprimer $\frac{1}{\tau}$. Démonstration analogue pour $P=1$, $\tau=4$, en prenant $\varepsilon, \eta=\pm 1$ et $\pm i$, ce qui conduit à *quadrupler* (12).

De là la *formule fondamentale :*

$$\sum_{l,\,c;\,X,\,Y}\frac{1}{k_l}f_l^{-s}\left(\frac{X}{I_c},\frac{Y}{I_c}\right)=h\sum\frac{1}{n^s}\cdot\sum\frac{1}{n^{s-1}}\cdot\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right], \tag{14}$$

la signification des X, Y; n, ϖ ayant été indiquée plus haut, et h étant le nombre des classes d'idéaux du corps $i\sqrt{P}$. Pour $P=1$, on retrouve une *formule de M. Fatou* (*Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 505).

4. *Application.* — Supposons, pour simplifier, *m* entier positif, premier à 2Δ *et à* P; on déduit aisément de (14) cette proposition :

Le nombre total des représentations de m, propres ou non, appartenant aux idéaux $I_1, I_2, \ldots, I_h$, *par l'ensemble des formes* $f_1, \ldots, f_H$, *une représentation par* f_l *comptant pour* $1:k_l$, *est h fois la somme des diviseurs* (*entiers, positifs*) *de m.*

ASTRONOMIE. — *Les travaux de La Caille, particulièrement à l'Observatoire du Collége Mazarin.* Note (¹) de M. G. BIGOURDAN.

Vers la fin prématurée de sa carrière, dans un Mémoire sur la théorie du Soleil, paru l'année même de sa mort, La Caille indiquait ainsi le plan de travail qu'il s'était tracé (*Mém. Acad.*, 1757, p. 108) :

> Le système d'observations que je me proposai de suivre, il y a quelques années, renfermoit deux branches de l'Astronomie; la théorie du Soleil et la position des principales étoiles fixes. J'ai terminé cette année tout ce que j'avois projeté de faire à cet égard....
>
> Pour déterminer la position des principales Étoiles, il ne falloit que des observations et des calculs; cette partie n'exigeoit aucune discussion. Je me suis donc contenté d'en faire imprimer les détails dans le Livre intitulé : *Astronomiæ fundamenta*, etc.
>
> La partie qui regarde la théorie du Soleil, exige un grand nombre de calculs de différente espèce, beaucoup de réflexions et de remarques critiques, à cause des différentes hypothèses adoptées par ceux qui ont publié des tables du Soleil....

La théorie du Soleil et la détermination des principales étoiles constituent, en effet, une importante partie des travaux de La Caille; mais son œuvre est beaucoup plus ample, car il y joignit : le premier Catalogue stellaire fait par zones, — la détermination de la réfraction, — celle des parallaxes (☉, ☾, ♂), — la mesure d'un degré de méridien, — la mise au point de la méthode des distances lunaires pour les longitudes en mer, etc.

Théorie et Tables solaires. — L'importance de cette théorie est évidente, puisque, en réalité, elle fixe à chaque instant la position de l'observatoire mobile d'où nous observons; et c'est par elle qu'il faut commencer.

On vient de voir l'idée que se faisait La Caille de ses difficultés : elles étaient énormes, en effet, car si depuis un siècle on obtenait des positions précises, on commençait à peine de savoir les corriger de l'aberration et et de la nutation; en outre, bien peu de tentatives avaient été faites pour appliquer le principe de la gravitation au calcul des grandes inégalités produites par l'attraction de la Lune et des planètes.

Tout était donc à reprendre à la base, en s'aidant des résultats les plus récents. Non seulement La Caille multiplie ses excellentes observations, mais il reprend la discussion des anciennes, celles de Cocheou-King (1278), de Waltherus (1475), de Guillaume de Hesse, pour déterminer l'obliquité de l'écliptique et sa variation encore si incertaine; — la longueur de l'année;

(¹) Séance du 7 juillet 1919.

en même temps il renouvelle une méthode imaginée par Képler pour déterminer l'apogée, — il établit des formules pratiques et longtemps employées après lui pour calculer l'aberration et la nutation, — et il applique les inégalités récemment découvertes (équation lunaire; perturbations produites par Jupiter et Vénus sur la Terre).

C'est ainsi qu'il forma ses *Tabulæ solares*, fruit de 15 ans de travail, dépassant beaucoup en précision tout ce qui avait été fait jusque-là; aussi 70 ans plus tard Delambre écrivait qu'on y avait peu ajouté encore, en dehors de l'avantage tiré d'une plus longue suite d'observations.

Catalogues stellaires. — Lorsque La Caille inaugura ses observations stellaires (1746), on commençait d'entrevoir l'importance des mouvements propres, et cependant on ne disposait que du catalogue de Flamsteed, basé sur des observations anciennes, pour lesquelles on n'avait pu tenir compte de l'aberration et de la nutation encore inconnues.

Aussi divers astronomes dont nous avons vu les efforts, Godin et de Fouchy, Le Monnier, etc., avaient-ils entrepris un catalogue des principales étoiles zodiacales; et Le Monnier avait obtenu déjà des résultats. Néanmoins presque tout était à reprendre *ab ovo*, et c'est ce que fit La Caille en 1746.

Quelle méthode choisir, du moins pour les ascensions droites? Aujourd'hui et depuis longtemps on adopterait sans hésitation la lunette méridienne; mais par les exemples de Halley, de Le Monnier, qui l'abandonnent après l'avoir adoptée, nous savons combien elle était encore imparfaite; et on lui préférait généralement le quart de cercle mural. Mais c'est par des *hauteurs correspondantes* prises au quart de cercle mobile que l'on vérifiait la lunette méridienne et le mural; dès lors, ne valait-il pas mieux employer directement cette méthode des hauteurs correspondantes? Pour la précision il n'y avait pas de doute; mais alors que dans une nuit elle permet de déterminer au plus 10 à 12 étoiles, un mural en donne 200. Elle a donc un seul défaut, celui d'être extrêmement laborieuse; mais pour La Caille cela compte d'autant moins qu'il ne possède point de mural; et il adopte la méthode des hauteurs correspondantes, qui lui donne les passages au vrai méridien à $0^s,25$ près.

Pour les hauteurs, il se sert d'abord du secteur (n° 10), puis de son célèbre sextant (n° 9), qu'il faut naturellement employer dans deux positions pour déterminer le vrai zéro.

Au collège Mazarin, il observe surtout les étoiles boréales (1746 oc-

tobre 29 — 1750 juillet 1) et au Cap les étoiles australes; enfin il complète le travail des hauteurs à Paris, tout en déterminant la réfraction.

Pour bien fixer la position de l'équinoxe, il observe en même temps le Soleil, particulièrement au Cap dont la latitude est avantageuse; et aussitôt il publie en *détail* ses observations originales (*Astr. fund.*, 1757) : ainsi fut formé un *Catalogue général et fondamental de* 397 *étoiles*, rapportées à 1750,0 et déterminées avec une précision dont on n'avait pas encore d'exemple (¹).

Plus tard, avec son sextant pour les hauteurs et sa lunette méridienne, récemment acquise, pour les passages, La Caille entreprit un catalogue de 800 étoiles, choisies principalement dans la région écliptique.

Les observations furent commencées en septembre 1760, et La Caille fit des efforts incroyables pour les terminer dans l'hiver de 1761 à 1762; mais, emporté par son ardeur, il négligea un rhume et fut enlevé par une fluxion de poitrine le 21 mars 1762, à 6^h du matin : il avait déterminé 515 étoiles sur 800, et elles forment le *Catalogue zodiacal* qui fut publié l'année suivante par Bailly, son élève et son ami (*Ephém.* de 1765-1775, p. lxv-lxxviij) : il est rapporté à 1765,0 et il semble que les originaux des observations soient perdus.

La Caille n'avait pas borné ses projets aux étoiles brillantes, car, dès 1742, il avait présenté un *Projet de nouveau Catalogue* (*Mém. Acad.*, 1742, H. 63-71) embrassant toutes les étoiles visibles « avec une lunette de 2 ou 3 pieds » c'est-à-dire jusqu'à la 8e grandeur, qu'il voulait rapporter par zones de 80′ de large à un petit nombre d'étoiles brillantes et connues, au moyen d'une lunette fixe munie d'un réticule approprié. Il songea même à se transporter sous le ciel plus favorable du Languedoc pour décrire ainsi le ciel visible dans nos latitudes; mais il ne put mettre ce projet à exécution

(¹) Une nouvelle réduction de ces observations a été faite récemment par K.-R. Powalky, astronome d'origine allemande établi aux États-Unis : *A new Reduction of La Caille observations...*, travail publié dans *Report... of the U. S. Coast and Geodetic Survey...*, june 1882, p. 469-499 (Appendix nº 21). — Voir aussi *Astr. Nachr.*, t. 89, 1877, col. 183-190, 193-204; t. 90, 1877, col. 21-28. — Le Mémoire du *Report* est suivi d'un Rapport de C.-H.-F. Peters (p. 500-502) : la lecture de l'un et l'autre de ces travaux montre la place considérable qu'occupe La Caille dans l'Astronomie du XVIIIe siècle.

L'éditeur de *A Catalogue of* 9766 *stars...* (voir ci-après) dit, en parlant du Catalogue de fondamentales de La Caille : *The first modern Catalogue of any pretension to accuracy* (p. vij, note).

qu'au Cap, où, en 9 mois (1751 septembre 20 — 1752 juin 25), il détermina ainsi 10000 étoiles [1] entre le tropique du Capricorne (— 23°) et le pôle sud (voir *Cœlum australe*, 1763), sans d'ailleurs négliger en rien les observations qui étaient le but de son voyage.

Il semble comme embarrassé d'une si riche récolte, car il explique longuement pourquoi il a observé ainsi de si petites étoiles, et il ajoute que « *celui qui regardera ces étoiles comme inutiles... pourra retrancher toutes celles qu'il voudra* (p. xii) ». Loin de les juger inutiles, les astronomes modernes regrettent vivement que le travail n'ait pas été étendu au ciel entier; même, à mesure que les étoiles fondamentales ont été mieux connues, ils ont perfectionné graduellement l'œuvre de La Caille et l'ont mise sous une forme plus commode [2].

Parallaxes de ☾, ♀, ♂, ☉. — La Caille avait formé lui-même le projet de voyage au Cap, approuvé ensuite par l'Académie, et il en expose ainsi le but (*Mém. Acad.*, 1751, p. 523) :

En partant de France je m'étois proposé trois choses que je devois achever dans l'espace d'une année entière. La première et la principale étoit de déterminer les positions des plus belles étoiles australes, savoir, de celles de la première, seconde et troisième grandeur, et même de celles de la quatrième qui sont voisines de l'Ecliptique.

Le second objet de mon voyage étoit d'observer les parallaxes de la Lune, de Mars périgée, et de Vénus en conjonction inférieure. J'avois laissé pour cela à Paris un

---

(1) Il employa pour cela une lunette fixée à son quart de cercle de 3 pieds, ce qui lui permettait de bien raccorder en déclinaison les diverses zones.

Cette lunette, de 26 pouces 3 lignes $\frac{1}{3}$ ($0^m,7113$) de foyer et de 6 lignes d'ouverture ($13^{mm},5$), portait un oculaire de 3 pouces 3 lignes ($0^m,088$), c'est-à-dire grossissant 8 fois; elle avait un champ de près de 3°.

H. Faye, dans son enthousiasme justifié, notait qu'avec cette ouverture, inférieure au diamètre d'une pièce de 50 centimes, La Caille avait pu déterminer 10000 étoiles en 9 mois.

(2) La Caille lui-même avait, sur ses 10000 étoiles, choisi les 1930 qu'il apercevait à l'œil nu et les avait mises sous la forme ordinaire de Catalogue. Voir *Mém. Acad.*, 1752, p. 539), où il donne les positions apparentes. Dans le *Cœlum australe*, p. 141, il donne leurs positions moyennes pour 1750,0 et, sur un planisphère, les constellations qu'elles forment.

En 1838, la *British Association* fit entreprendre une nouvelle réduction de toutes les étoiles de La Caille ainsi observées par zones, ce qui donna l'Ouvrage bien connu : *A Catalogue of* 9766 *Stars in the Southern Hemisphere...*, from the observations of the *abbé de La Caille*, London, 1847.

petit écrit où je marquois de quelle manière je comptois faire ces observations, afin que les Astronomes d'Europe pussent agir de concert avec moi, comme il est nécessaire pour parvenir à la connoissance des parallaxes.

Le troisième objet étoit d'établir la position du Cap de Bonne-Espérance, qui est un des points les plus importans de la Géographie.

On vit alors tous les astronomes de l'Europe attentifs à suivre le programme de La Caille; et beaucoup d'entre eux ont déduit, de l'ensemble concerté des observations, les parallaxes du Soleil et de la Lune. La Caille publia immédiatement ses observations (*Mém. Acad.*, 1748, p. 601-612; 1751, p. 310-318 et errata), mais, donnant aux autres le temps de faire une publication complète, il ne publie ses propres calculs de parallaxe qu'en 1760 (*Mém. Acad.*, 1760, H.108-110, M.73-97). En distribuant les observations de Mars en deux séries, il trouve pour $\Pi ♂$, parallaxe horizontale de Mars, les valeurs 26″,8 et 26″,2, ce qui donne pour celle du Soleil $\Pi_{\odot}$: 10″,2 et 9″,1. Les observations peu nombreuses de Vénus lui donnent $\Pi_{\odot} =$ 10″,38, et les hauteurs méridiennes du Soleil comparées à celles d'Arcturus donnent $\Pi_{\odot} =$ 9″,94.

Pour la Lune, il trouve l'année suivante (*Mém. Acad.*, 1761, H.117, M.1-57) $\Pi_{☾} =$ 57′13″,1 : on adopte aujourd'hui 57′2″,25.

Réfraction. — Par ce que nous avons dit à propos de Le Monnier, nous connaissons les deux méthodes jusqu'alors employées pour construire une Table de réfraction. La Caille en imagina une troisième « extrêmement ingénieuse », préférable aux autres, et basée sur les positions relatives de Paris et du Cap, villes écartées en latitude d'environ 90°; par suite une étoile qui passe à Paris vers le zénith culmine au Cap dans le voisinage de l'horizon, et inversement. Il choisit donc des couples d'étoiles tels que l'une des étoiles du couple culmine vers le zénith de Paris et vers l'horizon du Cap, et inversement pour l'autre : 47 couples pareils, généralement observés avec son sextant, lui donnent pour le Cap une réfraction moyenne inférieure de $\frac{1}{40}$ à celle de Paris. Ce résultat acquis, il peut conclure les latitudes de Paris et du Cap, et enfin construire sa Table générale des réfractions indépendamment de toute hypothèse sur la constitution de l'atmosphère; cette Table est aussi la première qui ait donné le moyen de tenir compte de la pression et de la température, en partant d'un état moyen de 28 pouces (0^m,7580) et de 10° R (12° C.).

Sa méthode n'éliminait pas les erreurs de l'instrument; et les discussions assez nombreuses, soulevées autour de cette question, établissent que

son célèbre sextant avait son arc trop grand de 10″ environ, de sorte qu'il marquait 59°59′50″ quand il aurait dû marquer 60°. La différence ne correspond qu'à $\frac{1}{10}$ de millimètre sur la longueur de cet arc, quantité dont il était alors difficile de répondre.

Maskelyne, qui a le premier expliqué la défectuosité des réfractions de La Caille, ajoute :

On n'en doit pas moins avoir pleine confiance dans les nombreux travaux de l'astronome qui, par son adresse et les ressources qu'il a imaginées, a su se mettre à l'abri des erreurs de son instrument; erreur qu'il corrigeait par l'opération même par laquelle il tenait compte de la réfraction.

Quant à la méthode elle-même, sa valeur pratique est encore pleinement reconnue, car récemment elle a été reprise par les observations concertées des observatoires de Leyde et du Cap.

PLIS CACHETÉS.

Mlle **M. Dydyńska** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 juillet 1918 et inscrit sous le n° 8552.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *L'application de l'électrosmose à la fabrication mécanique de la vaisselle de faïence.*

(Renvoi à l'examen de M. H. Le Chatelier.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

E. Doublet, *Le voyage de circumnavigation du* « Bordelais » *de* 1816 *à* 1819. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

MM. **Gabriel Arnaud**, **Alfred Boquet** et **L. Nègre**, **L. Décombe**, **A. Dustin**, **A.-S. Eddington**, **Marcel Frois**, **F. Moreau**, **P. Pruvost** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation aux différences finies.* Note (¹) de M. N.-E. Nörlund, transmise par M. Appell.

Je me propose d'étudier l'équation

$$G(x+\omega)+G(x)=2\varphi(x), \tag{1}$$

$\varphi(x)$ étant une fonction donnée, ω étant un nombre positif. Soit $G(x)$ une solution quelconque de cette équation, la solution la plus générale est de la forme

$$G(x)+\pi(x),$$

$\pi(x)$ étant une fonction périodique quelconque telle que

$$\pi(x+\omega)=-\pi(x).$$

Mais en regardant ces solutions en nombre infini, on peut se rendre compte qu'il y en a, parmi elles, une seule qui se distingue nettement des autres et qui est, pour ainsi dire, la plus simple. Je l'appelle *la solution principale*. C'est la solution principale qui est réellement intéressante et il n'y a pas lieu de s'occuper des autres. Cette solution dépend de la variable x et, en outre, du paramètre ω. Je la désigne par $G(x\,|\,\omega)$.

Si la fonction $\varphi(x)$ est un polynome du degré m, on voit immédiatement qu'il y a un et un seul *polynome* qui satisfait à l'équation (1). Ce polynome est la solution principale. Il s'exprime de la manière suivante par les polynomes d'Euler $E_\nu(h\,|\,\omega)$

$$G(x+h\,|\,\omega)=\sum_{\nu=0}^{\nu=m}\varphi^{(\nu)}(x)\,\frac{E_\nu(h\,|\,\omega)}{\nu!},$$

h étant un nombre quelconque.

Voici un autre cas particulier où l'on peut trouver immédiatement la solution principale. Considérons la série

$$2\sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s\varphi(x+s\omega). \tag{2}$$

Si cette série converge, elle représente la solution principale. Mais malheureusement, dans les cas les plus intéressants, la série diverge. Pourtant

(¹) Séance du 18 août 1919.

toute bonne méthode qu'on peut imaginer, pour résoudre l'équation (1), doit prendre pour point de départ la série (2), même si elle diverge. La théorie des séries divergentes, due à M. Borel, s'applique avec un plein succès dans ce domaine de la théorie des fonctions, et c'est là peut-être une de ses plus belles applications. J'introduis dans la série (2) un facteur de convergence, soit $\sigma(x, \eta)$, que je fais ensuite tendre vers *un* en faisant tendre le nombre positif η vers zéro. Je définis ainsi la solution principale par une limite de la forme

$$(3) \qquad G(x \mid \omega) = 2 \lim_{\eta=0} \sum_{s=0}^{\infty} (-1)^s \varphi(x + s\omega)\sigma(x + s\omega, \eta).$$

Le choix qu'il convient de faire de la fonction σ est une question à la fois intéressante et délicate. On peut choisir cette fonction d'une infinité de manières, mais en lui imposant certaines restrictions, on démontre que la limite (3), si elle existe, *ne dépend pas de σ, de sorte que la définition est unique*. Mais ce point demande de longues explications et je n'y entre pas ici. Je me borne à considérer un cas particulier qui est d'ailleurs assez important. Je suppose que la fonction $\varphi(z)$ admette une dérivée continue d'un certain ordre, soit d'ordre m, telle que la série

$$\sum_{s=0}^{\infty} (-1)^s \varphi^{(m)}(z + s\omega)$$

converge uniformément dans l'intervalle $x \leqq z \leqq x + \omega$. Dans ces conditions on démontre que la limite (3) existe, par exemple si l'on suppose que $\sigma(x, \eta) = e^{-\eta x}$ et aussi pour une infinité d'autres fonctions σ. Mais, *dans ce cas particulier*, on peut déduire de l'expression (3) diverses autres expressions analytiques qui sont fort remarquables et dans lesquelles la fonction σ ne figure plus, de sorte qu'on peut vérifier directement et très aisément que la fonction $G(x \mid \omega)$ ne dépend pas de σ.

Remarquons d'abord qu'il résulte de l'expression (3) que la solution principale satisfait à la relation

$$\sum_{s=0}^{n-1} (-1)^s G\left(x + \frac{s\omega}{n} \,\middle|\, \omega\right) = G\left(x \,\middle|\, \frac{\omega}{n}\right),$$

n étant un entier impair quelconque.

A l'aide de la formule sommatoire d'Euler, on peut transformer l'expres-

sion (3) et, après un double passage à la limite, on trouve

$$(4)\qquad G(x+h\mid\omega)=\sum_{\nu=0}^{m-1}\varphi^{(\nu)}_{(x)}\frac{E_\nu(h\mid\omega)}{\nu!}+R_m,$$

où l'on a posé

$$(5)\qquad R_m=\int_0^\infty \varphi^{(m)}_{(x+z)}\frac{\dot{E}_{m-1}(h-z)}{(m-1)!}\,dz.$$

On suppose ici que $0 \leqq h \leqq \omega$. La fonction $\dot{E}_m(z)$, qui entre dans le terme reste, est une fonction périodique de z qui satisfait à la relation

$$\dot{E}_m(z+\omega)=-\dot{E}_m(z)$$

et qui, dans l'intervalle $0 \leqq z \leqq \omega$, est égale au polynome d'Euler $E_m(z)$.

Si l'on fait tendre m vers l'infini la série (4) sera en général divergente, mais on peut opérer avec cette série en toute sûreté, en tenant compte du terme reste qui se représente par une intégrale convergente. Si m est pair et si l'on pose $h=\frac{\omega}{2}$, le terme reste peut s'écrire sous la forme

$$(6)\qquad R_m=\frac{E_m\omega^m}{m!\,2^{m-1}}\sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s\varphi^{(m)}(x+s\omega+\Theta\omega),$$

Θ étant compris entre 0 et 1, les E_m étant les nombres d'Euler. Si m est impair, et si l'on pose $h=0$, le terme reste peut s'écrire sous la forme $(0<\Theta<1)$:

$$(7)\qquad R_m=\frac{C_m\omega^m}{m!\,2^{m-1}}\sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s\varphi^{(m)}(x+s\omega+\Theta\omega),$$

les C_m étant les nombres dont il a été question dans ma Note [1] précédente. On peut donner au terme reste une forme plus simple et plus précise, si l'on suppose que, quand z croît de x à l'infini, $\varphi^{(m)}(z)$ tend vers zéro en variant toujours dans le même sens, et qu'il en est de même de $\varphi^{(m+1)}(z)$. Dans ces conditions, on trouve au lieu de l'expression (6)

$$R_m=\frac{E_m}{m!}\left(\frac{\omega}{2}\right)^m\varphi^{(m)}(x+\Theta\omega),$$

et au lieu de l'expression (7)

$$R_m=\frac{C_m}{m!}\left(\frac{\omega}{2}\right)^m\varphi^{(m)}(x+\Theta\omega).$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 166.

Dans les deux cas, Θ est un nombre compris entre o et $\frac{1}{2}$. Dans ces deux cas, la série (4) possède donc la même propriété que la série de Stirling. Quand on s'arrête à un certain terme, l'erreur commise est plus petite que la valeur absolue du premier terme négligé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la notion de moyenne dans le domaine fonctionnel.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

1. La notion de moyenne dans le domaine fonctionnel est due à R. Gateaux [1], Une fonction $x(t)$, définie et continue entre o et 1, peut être approchée par une *fonction simple d'ordre n*, prenant des valeurs constantes $x_1, \ldots, x_n$ dans chacun des intervalles $\left(0, \frac{1}{n}\right), \ldots, \left(\frac{n-1}{n}, 1\right)$. Si, dans un certain domaine de l'espace fonctionnel, on ne considère que les fonctions simples d'ordre n, une fonctionnelle Φ de $x(t)$ devient une fonction $\varphi(x_1, \ldots, x_n)$; on sait ce qu'on doit appeler sa valeur moyenne. La limite de cette valeur pour n infini sera par définition la moyenne de la fonctionnelle dans le domaine considéré.

Dans l'espace à n dimensions, la mesure de la portion du domaine considéré pour lequel φ est compris entre λ et $\lambda + d\lambda$ peut se mettre sous la forme $ca^{n-1}\,d\lambda$, $c\,d\lambda$ étant la distance moyenne des surfaces $\varphi - \lambda$ et $\varphi - \lambda + d\lambda$. La moyenne de φ est alors définie par la formule

$$\mu_n \int_{-\infty}^{+\infty} ca^{n-1}\,d\lambda = \int_{-\infty}^{+\infty} ca^{n-1}\lambda\,d\lambda.$$

Il arrivera en général que pour n infini a ait une valeur principale de la forme $f(\lambda)g(n)$. Si $f(\lambda)$ n'est différent de zéro que dans un intervalle fini, et atteint sa limite supérieure dans cet intervalle pour une valeur unique μ de λ, la limite de μ_n pour n infini est μ. Ce nombre doit être considéré comme la valeur moyenne de la fonctionnelle Φ, non qu'il soit une véri-

(1) Voir *Bull. Soc. math.*, 1918.

table moyenne au sens ordinaire de ce mot (moyenne entre des valeurs *différentes* de Φ), mais parce que, quelque petit que soit ε, le domaine où Φ n'est pas compris entre $\mu - \varepsilon$ et $\mu + \varepsilon$ a une mesure infiniment petite, pour n infini, par rapport au reste du domaine. En termes moins précis, Φ a *presque partout* la valeur μ.

Cette circonstance a été observée par Gateaux dans des cas particuliers. Mais elle est très générale et domine un grand nombre de questions de calcul fonctionnel. Ainsi, *elle se produit toutes les fois qu'on cherche la moyenne d'une fonctionnelle uniformément continue à la surface ou à l'intérieur d'une sphère*, les notions de fonctionnelle continue et de sphère ayant la signification qui résulte de ce qu'on définit la distance r des points de l'espace fonctionnel représentant les fonctions $x(t)$ et $y(t)$ par la formule

$$r^2 = \int_0^1 [y(t) - x(t)]^2 dt.$$

On peut évidemment former des exemples de cas où la circonstance signalée ne se produit pas, soit dans le cas de la sphère pour une fonctionnelle non continue comme $x(\tau)$, τ étant une valeur particulière de t), soit pour des volumes autres que la sphère (par exemple un cylindre).

2. Les remarques précédentes ont une application dans l'étude de la courbure des surfaces. Les définitions des mots *angles* et *courbure d'une ligne* résultant sans ambiguïté de celle de la distance, nous appellerons *courbure moyenne* en un point d'une surface la moyenne des courbures des différentes sections normales, la définition précise de cette moyenne se ramenant à une moyenne sur une sphère. Le théorème précédent s'applique alors, pourvu qu'au point considéré la courbure normale varie d'une manière continue avec la direction de la tangente, et l'on peut dire, employant un langage peu précis, mais dont le sens résulte clairement de ce qui précède : *la courbure normale a la même valeur dans presque toutes les directions ; cette valeur est la courbure moyenne.*

Par suite, sur une *surface minima*, en un point A déterminé, la courbure moyenne est nulle dans presque toutes les directions. En d'autres termes, si l'on coupe cette surface par une sphère infiniment petite Σ de centre A, la distance des points de la section au plan P tangent à S en A est dans presque toutes les directions infiniment petite d'ordre supérieur à 2.

On peut aller plus loin et montrer que, pour une sphère Σ de rayon finie, la distance au plan P est nulle pour presque tous les points de la section considérée. Il en est même ainsi pour leur distance à tout autre plan P′ passant A. On s'explique cette circonstance en observant que presque tous les points de Σ sont sur P, et que, pour des raisons analogues, la section de Σ par P, et par suite par S qui diffère très peu de P, a presque tous ses points sur P. Cela ne serait plus vrai bien entendu si S n'était pas minima.

On peut résumer ces énoncés, en langage peu précis, en disant qu'une surface minima est *presque un plan*, non seulement au point de vue infinitésimal, mais même au point de vue fini.

3. Les considérations précédentes montrent la raison de certaines circonstances que j'ai indiquées dans une précédente Note (14 avril 1919). J'ai énoncé que, si une fonctionnelle U est harmonique, les surfaces U = const. sont des surfaces minima. On peut donc résoudre le problème Dirichlet pour une surface S en déterminant les surfaces minima U = const. dont la trace sur S est connue.

D'autre part, on peut résoudre le problème de Dirichlet par une formule de la moyenne qu'on peut énoncer comme suit : la valeur de U en un point A est égale à la moyenne de U sur S, les éléments de la surface S ayant des poids proportionnels aux angles solides sous lesquels ils sont vus de A.

A première vue, ces deux énoncés paraissent contradictoires; le premier fait dépendre la valeur de U en A des valeurs de U à l'intersection de S et d'une certaine surface minima Σ passant par A; le second la fait dépendre de toutes les valeurs de U sur la surface S. On voit qu'il n'y a pas contradiction si l'on observe que, vue de A, l'intersection de S avec une surface minima passant par A constitue presque toute la surface S (énoncé bien connu dans le cas où la surface minima est un plan et où S est une sphère de centre A; un grand cercle constitue, à notre point de vue, presque toute la sphère).

Le théorème énoncé au début pourrait faire craindre que l'extension de la notion de moyenne à l'espace fonctionnel manque d'intérêt. Nous pensons, au contraire, qu'il n'est pas sans intérêt de constater l'extension possible, avec des simplifications résultant toutes de ce théorème, des théories relatives à la courbure des surfaces, au potentiel et aux fonctions harmoniques.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les efforts intérieurs dans un corps homogène isotrope en équilibre élastique.* Note [1] de M. **Ch. Platrier**, présentée par M. E. Goursat.

1. J'emploie la notation adoptée par M. Appell dans son *Traité de Mécanique rationnelle* (t. 3, Chap. XXXVII, *Notions sur la théorie de l'Élasticité*, p. 503 et suivantes de la 2e édition).

Les équations indéfinies de l'équilibre s'écrivent :

$$(I)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial N_1}{\partial x}+\dfrac{\partial T_3}{\partial y}+\dfrac{\partial T_2}{\partial z}=\rho X,\\[2mm] \dfrac{\partial T_3}{\partial x}+\dfrac{\partial N_2}{\partial y}+\dfrac{\partial T_1}{\partial z}=\rho Y,\\[2mm] \dfrac{\partial T_2}{\partial x}+\dfrac{\partial T_1}{\partial y}+\dfrac{\partial N_3}{\partial z}=\rho Z,\end{cases}$$

et si le corps est isotrope :

$$(1)\qquad \begin{cases} -\mu\dfrac{\partial u}{\partial x}=\dfrac{1}{2}(N_1-\varpi N),\\[2mm] -\mu\dfrac{\partial v}{\partial y}=\dfrac{1}{2}(N_2-\varpi N),\\[2mm] -\mu\dfrac{\partial w}{\partial z}=\dfrac{1}{2}(N_3-\varpi N);\end{cases}\qquad\qquad (2)\qquad \begin{cases} -\mu\left(\dfrac{\partial w}{\partial y}+\dfrac{\partial v}{\partial z}\right)=T_1,\\[2mm] -\mu\left(\dfrac{\partial u}{\partial z}+\dfrac{\partial w}{\partial x}\right)=T_2,\\[2mm] -\mu\left(\dfrac{\partial v}{\partial x}+\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)=T_3\end{cases}$$

avec

$$(3)\qquad \varpi=\frac{\lambda}{3\lambda+2\mu}\qquad \text{et}\qquad N=N_1+N_2+N_3.$$

Les fonctions $N_1, N_2, N_3, T_1, T_2, T_3$ qui satisfont aux équations (1) et (2) ne sont pas indépendantes : en écrivant les conditions d'intégrabilité de ces équations aux dérivées partielles par rapport aux fonctions $-\mu u$, $-\mu v$, $-\mu w$, on obtient en effet les relations de liaison écrites ci-dessous et qui, *a priori*, en raison de la forme des seconds nombres de (1) et de (2) ne dépendent de λ et μ que par le paramètre ϖ, c'est-à-dire par le rapport $\left(\dfrac{\lambda}{\mu}\right)$,

---

[1] Séance du 18 août 1919.

savoir :

$$
\text{(II)}\quad
\left\{
\begin{aligned}
&\frac{\partial^2(N_1-\varpi N)}{\partial y\,\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial T_2}{\partial y}+\frac{\partial T_3}{\partial z}-\frac{\partial T_1}{\partial x}\right),\\
&\frac{\partial^2(N_2-\varpi N)}{\partial z\,\partial x} = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial T_3}{\partial z}+\frac{\partial T_1}{\partial x}-\frac{\partial T_2}{\partial y}\right),\\
&\frac{\partial^2(N_3-\varpi N)}{\partial x\,\partial y} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial T_1}{\partial x}+\frac{\partial T_2}{\partial y}-\frac{\partial T_3}{\partial z}\right);\\
&2\frac{\partial^2 T_1}{\partial y\,\partial z} = \frac{\partial^2(N_3-\varpi N)}{\partial y^2}+\frac{\partial^2(N_2-\varpi N)}{\partial z^2},\\
&2\frac{\partial^2 T_2}{\partial z\,\partial x} = \frac{\partial^2(N_1-\varpi N)}{\partial z^2}+\frac{\partial^2(N_3-\varpi N)}{\partial x^2},\\
&2\frac{\partial^2 T_3}{\partial x\,\partial y} = \frac{\partial^2(N_2-\varpi N)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2(N_1-\varpi N)}{\partial y^2}.
\end{aligned}
\right.
$$

Le problème d'élastostatique qui se pose le plus fréquemment dans la pratique est le suivant : Connaissant les forces de masse (X, Y, Z) à l'intérieur d'un corps V en équilibre élastique et les efforts (T_x, T_y, T_z) sur sa surface S, déterminer les efforts intérieurs dans V. Or :

$$
\text{(III)}\quad
\left\{
\begin{aligned}
T_x &= N_1\alpha + T_3\beta + T_2\gamma,\\
T_y &= T_3\alpha + N_2\beta + T_1\gamma,\\
T_z &= T_2\alpha + T_1\beta + N_3\gamma,
\end{aligned}
\right.
$$

α, β, γ désignant les cosinus directeurs de la normale à la surface S au point x, y, z, si bien qu'au point de vue analytique, le problème posé se traduit ainsi : Déterminer six fonctions $N_1, N_2, N_3, T_1, T_2, T_3$ qui satisfont dans le volume V aux neuf relations (I) et (II) et sur la surface S aux relations (III).

2. Les relations (II) ne dépendent de λ et μ que par le rapport $\frac{\lambda}{\mu}$ comme nous l'avons remarqué plus haut et les relations (I) et (III) en sont indépendantes; d'où :

Théorème I. — *A l'intérieur d'un corps homogène isotrope en équilibre élastique les efforts dépendent des forces de masse, des efforts sur la surface extérieure, de la forme de cette surface et d'un seul nombre caractéristique du milieu (par exemple le rapport $\frac{\lambda}{\mu}$ des coefficients de Lamé).*

La déformation du corps, au contraire, dépend en outre de la constante caractéristique μ, et il résulte de la forme des relations (1) et (2) que :

Théorème II. — *Si les forces de masse, les efforts sur la surface extérieure, la forme de cette surface et le nombre caractéristique du milieu sont les mêmes pour deux corps homogènes isotropes en équilibre élastique, leurs déformations sont inversement proportionnelles à leurs constantes caractéristiques* μ.

3. Les relations (II) montrent en outre que les conditions nécessaires et suffisantes pour que les efforts intérieurs soient indépendants de ϖ sont

$$\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 N}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 N}{\partial y \partial z} = \frac{\partial^2 N}{\partial z \partial x} = \frac{\partial^2 N}{\partial x \partial y} = 0.$$

Or N est égal, au signe près, à $(3\lambda + 2\mu)\theta$, en désignant par θ la dilatation cubique, d'où :

Théorème III. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'à l'intérieur d'un corps homogène isotrope en équilibre élastique les efforts soient indépendants de la nature du milieu est que la dilatation cubique soit proportionnelle à la distance à un plan fixe ou constante.*

4. Ces circonstances se présentent en particulier quand la déformation dérive d'une fonction et quand simultanément les forces de masses sont nulles ou constantes en grandeur et direction, d'où :

Corollaire I. — *Quand, à l'intérieur d'un corps homogène isotrope en équilibre élastique, simultanément les forces de masse sont constantes (ou nulles) et les déformations dérivent d'une fonction, les efforts intérieurs sont indépendants de la nature du milieu.*

5. En dérivant les équations (I) respectivement par rapport à x, y, z, remplaçant les dérivées de T_1, T_2, T_3 par leurs expressions résultant des dernières relations (II) et ajoutant membre à membre les trois égalités obtenues, on voit que

$$(4) \qquad (1 - 2\varpi)\Delta N = \rho\left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z}\right).$$

Or, si N est linéaire en x, y, z, ΔN et par suite le second membre de (4) sont nuls, d'où :

Corollaire II. — *Le champ des forces de masse doit être solénoïdal pour que, dans un corps homogène isotrope en équilibre élastique, les efforts intérieurs puissent être indépendants de la nature du milieu.*

ASTRONOMIE. — *Deux découvertes de comètes, l'une par* **Metcalf** *à Harvard Observatory, l'autre par* **Borrelly** *à Marseille.* Télégrammes transmis par M. **B. Baillaud.**

Le Bureau provisoire de centralisation des télégrammes astronomiques a reçu les télégrammes suivants :

1° Le 22 août : Observatoire Paris; Metcalf découvrit une comète le 20,6007 août; ascension $22^h 48^m$; nord vingt-cinq; grandeur 8. — Bailey.

Ce télégramme était envoyé par la direction de l'Observatoire de Harvard College.

Il fut transmis par nous à 23 Observatoires associés. La comète fut observée à Paris par M. Giacobini et à Besançon par M. Chofardet, qui remettent aujourd'hui à l'Académie leurs observations faites les 22 et 23. L'Observatoire de Lyon nous a envoyé le lendemain le télégramme suivant contenant une observation de la même comète :

Observatoire Paris, Saint-Genis-Laval 24, 12^h.
Comète Metcalf août 23, $12^h 44^m,4$ Lyon, $\alpha = 341°3'15'' = 22^h 44^m 13^s,0$; $\delta = 30°35'45''$; grandeur 9,0.

2° Le 24 août : Marseille 24, $9^h 50^m$. Comète Borrelly, août $23^h 9^m 54^s,7$. Marseille; $\alpha = 211°6' = 14^h 4^m 24^s$; $\delta = 26°52'$; mouvement sud-est; grandeur 9,0.

Ce télégramme a été transmis aussi aux Observatoires associés.

Il me sera permis de rappeler que c'est en 1866, il y a 53 ans, que M. Borrelly découvrit sa première petite planète (voir *Comptes rendus*, t. 63, 1866, p. 764, et *Table générale des Comptes rendus*. Le nom de Borrelly ne figure ni dans la Note du Tome 63, ni dans la Table des noms du même volume; il est donné dans la Table générale.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Metcalf et Kopff, faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la tour de l'Est de* $0^m,40$ *d'ouverture).* Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Comète Metcalf.

Date. 1919.	★.	Comète — Étoile. ΔR.	δ.	Nombre de compar.	Gr.
		m s	′ ″		
Août 22.......	1	—0.40,54	—0. 8,5	12 : 6	9,0

Positions apparentes de la comète.

Date. 1919.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Août 22..	11.45.35	22.46.49,46	$\bar{1},060_n$	+28.22.55,2	0,499

Comète Kopff.

Dates. 1919.	★.	Comète — Étoile Æ.	Comète — Étoile δ.	Nombre de comp.	Gr.
		m s	′ ″		
Août 22........	2	+3.16,41	+5.12, 5	9: 6	11,0
» 23........	3	—0.47,66	—1.17, 8	9: 6	»

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1919.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Août 22....	9.46.42	19.29.38,95	$\bar{2},450$	—8.15.52,3	0,866
» 23....	8.31.20	19.30. 4,76	$\bar{2},970_n$	—8.14.34,6	0,870

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
1....	22.47.25,72	+4,28	+28.22.40,3	+23,4	Anon. rapp. à Cambridge A. 13716
2....	19.26.18,37	+4,17	— 8.21.21,2	+16,4	Wien-Ottakring, 6785
3....	19.30.48,26	+4,16	— 8.13.33,3	+16,5	Wien-Ottakring, 6821

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Kopff et de la comète Metcalf (1919 b) faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	Temps moyen de Besançon.	ΔÆ.	ΔDP.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	DP apparente.	Log. fact. parall.	★.*☄.
	h m s	m s	′ ″		° ′ ″		° ′ ″		
Août. 16...	9.35.18	+1. 8,98	+5.34,4	9: 6	19.27.31,56	$8,432_n$	98.26.39,4	$0,860_n$	*a*, K
» 18...	9.49.22	+1.44,40	+1.26,1	12:12	19.28. 6,97	$7,975_n$	98.22.31,0	$0,859_n$	*a*, K
» 19...	10. 1.51	+2. 4,69	—0.26,0	9:12	19.28.27,26	$8,589_n$	98.20.38,9	$0,859_n$	*a*, K
» 20...	10.43.19	—2.10,13	+2.26,7	9:12	19.28.49,75	$9,067_n$	98.18.54,2	$0,857_n$	*b*, K
» 22...	9.50.50	—1.21,20	—0.35,3	12: 9	19.29.38,67	$8,581_n$	98.15.52,1	$0,859_n$	*b*, K
» 23...	9.18. 6	—1.25,33	+0.32,8	12: 9	22.44.36,78	$9,552_n$	59.42.59,6	$0,560_n$	*c*, M
» 23...	10.22.21	—1. 4,53	—0. 7,8	12: 9	22.44.29,31	$9,417_n$	59.37. 0,5	$0,484_n$	*d*, M

Positions des étoiles de comparaison.

★	Gr.	Æ moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	DP moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a......	7,6	19.26.18,38	+4,20	98.21.21,2	—16,2	A.G. Wien-Ott., 6785
a......	»	»	+4,19	»	—16,3	id.
a......	»	»	+4,19	»	—16,3	id.
b......	9,3	19.30.55,69	+4,19	98.16.44,2	—16,7	A.G. Wien-Ott., 6822
b......	»	»	+4,18	»	—16,8	id.
c......	8,4	22.45.57,79	+4,32	59.42.50,2	—23,4	A.G. Leiden, 9690
d......	8,5	22.45.29,52	+4,32	59.37.31,7	—23,4	A.G. Leiden, 9686

Remarques. — Août 16 : au début de l'observation, la comète Kopff est estimée de 11e grandeur, mais, vers la fin, l'éclat est très atténué par le lever de la Lune et la formation de vapeurs nuageuses.

Août 18. Le ciel est beau. La comète, de grandeur 10,5, apparaît ronde : la chevelure s'estompe selon un diamètre voisin de 1′,5 avec, sensiblement au centre, une condensation écrasée et floue.

Août 19, 20 et 22. L'aspect de la comète est analogue à celui du 18 août.

Août 23 : grossissement 66. — La comète, estimée de 9e grandeur, se présente sous la forme d'un amas nébuleux, arrondi et large d'environ 5′; une condensation assez étalée en occupe le centre sans offrir de noyau précis. Absence de queue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du chlorure de cyanogène par la méthode de Held.* Note de MM. **Ch. Mauguin** et **L.-J. Simon**, transmise par M. Ch. Moureu.

Le chlore, en agissant sur le cyanure de sodium en solution aqueuse, s'unit à la fois au métal et au radical CN pour donner du sel marin et du chlorure de cyanogène

$$\mathrm{CN\,Na} + 2\,\mathrm{Cl} = \mathrm{Cl\,CN} + \mathrm{Na\,Cl}.$$

Dès que cette réaction se produit, une autre l'accompagne, qui se manifeste par un changement rapide dans l'aspect de la solution ; d'abord incolore, elle jaunit, brunit et noircit; le rendement en chlorure de cyanogène se ressent de cette altération. Elle est due à la réaction mutuelle du chlorure de cyanogène et du cyanure de sodium. En mélangeant deux solutions aqueuses refroidies de ces deux substances, on observe les mêmes apparences : jaunissement, brunissement, noircissement et précipitation d'un solide brun noir qui est sans doute du paracyanogène

$$x\,\mathrm{Cl\,CN} + x\,\mathrm{CN\,Na} = x\,\mathrm{Na\,Cl} + (\mathrm{CN}-\mathrm{CN})^x.$$

Held a proposé, en 1897, une méthode évitant l'apparition de cette substance. Il ajoute à la solution de cyanure alcalin du sulfate de zinc : *un tiers de molécule pour quatre molécules de cyanure.* En opérant ainsi, l'expérience ne réussit pas et les observateurs qui ont tenté de la répéter ont échoué.

C'est en supposant la formation d'un cyanure double de zinc et de potassium réglée par la formule

$$4KCN + SO^4Zn = Zn(CN)^2 2KCN + SO^4K^2$$

que Held avait conçu son artifice, et, effectivement, il décrit d'abord une expérience dans laquelle il emploie les proportions correspondantes (*quatre molécules de cyanure pour une de sulfate*) des deux substances. Mais devant l'apparition du cyanure de zinc, il rejette ces proportions et propose celles qui ont été indiquées plus haut et qui, dans nos expériences, n'ont pas abouti au résultat cherché. Au contraire, avec les proportions qui correspondent au complexe cyané, les résultats sont très satisfaisants; plus de 25 essais ont été conduits en variant les dilutions sans rencontrer aucun obstacle.

L'action du chlore sur le composé zincocyané se fait en deux temps :

1° Le chlore disloque le complexe, forme du chlorure de cyanogène et du cyanure de zinc insoluble qui se précipite :

$$Zn(CN)^2 2NaCN + 4Cl = Zn(CN)^2 + 2ClCN + 2NaCl.$$

On verse dans la solution de cyanure la solution zincique : le cyanure de zinc se précipite puis se redissout très vite par agitation ; on a ainsi la solution du complexe cyané. Cette opération est accompagnée d'un dégagement de chaleur sensible. On refroidit et l'on fait passer un courant de chlore : le gaz est absorbé et le cyanure de zinc est précipité. Brusquement, l'opération se ralentit : le premier stade est terminé.

A ce moment, le poids du chlore absorbé et celui du cyanure de zinc recueilli sont conformes à la formule ci-dessus. On recueille en chlorure de cyanogène pur et sec, à l'état liquide, 80 pour 100 du rendement théorique.

Le cyanure de zinc recueilli peut être employé à préparer le complexe cyané : il suffit, pour cela, de le redissoudre dans une solution aqueuse de cyanure de sodium renfermant la quantité de ce cyanure calculée d'après la formule du complexe cyané.

2° Revenons à la réaction précédente : le cyanure de zinc s'est précipité et l'absorption du chlore s'est ralentie brusquement. Continuons, cepen-

dant, à faire passer ce gaz : le cyanure de zinc, attaqué à son tour par le chlore, disparaît peu à peu et une quantité de chlorure de cyanogène se produit :

$$Zn(CN)^2 + 4\,Cl = ZnCl^2 + 2\,ClCN.$$

La fin de cette seconde période est marquée par la disparition des derniers flocons de cyanure de zinc. Cette action du chlore sur un précipité est lente; pour qu'elle soit intégrale il faut une agitation plus vive et plus permanente. Avec cette précaution la quantité de chlore absorbée est égale à celle qui est fixée dans la première période et le rendement en chlorure de cyanogène est le même.

Analyse. — La pureté du produit a été contrôlée comme il suit :

1° Un excès de soude transforme le chlorure de cyanogène en cyanate et chlorure de sodium

$$ClCN + 2\,NaOH = CNONa + NaCl + H^2O.$$

La soude en excès est dosée par l'acide sulfurique titré en présence de phtaléine du phénol; le cyanate est neutre à cet indicateur. *Tout se passe comme si une molécule de chlorure de cyanogène neutralisait deux molécules de soude à la manière d'un biacide.*

2° Le cyanate de sodium ainsi formé est traité par un excès connu d'acide sulfurique titré : l'acide cyanique libéré se décompose immédiatement en gaz carbonique et ammoniaque qui passe à l'état de sulfate

$$CNONa + H^2O + SO^4H^2 = SO^4Na\,NH^4 + CO^2.$$

L'excès d'acide sulfurique est déterminé au moyen d'une liqueur titrée de soude en présence d'hélianthine. *Tout se passe comme si une molécule de cyanate, correspondant à une molécule de chlorure de cyanogène neutralisait une molécule d'acide sulfurique à la manière d'une base bivalente comme la baryte.*

3° et 4° La solution neutralisée en présence d'hélianthine renferme une molécule de chlorure et une molécule d'ammoniaque pour chaque molécule de chlorure de cyanogène utilisé. En déterminant sur une partie aliquote de la solution le chlore par une solution titrée de nitrate d'argent et sur une autre partie l'ammoniaque par la méthode de Schlœsing, on a deux nouvelles données analytiques qui doivent concorder avec les deux autres.

Exemple numérique. — Dans une expérience, sur $1^g,2706$ de liquide placé

dans une ampoule de verre mince qu'on brise par agitation dans un flacon renfermant 50^{cm^3} de soude de titre 1, on a trouvé, comme il vient d'être dit :

1° Alcalimétrie 1,270;

2° Acidimétrie 1,270;

3° Chlorométrie 1,267;

4° Dosage d'ammoniaque 1,276.

En résumé la méthode indiquée par Held fournit avantageusement le chlorure de cyanogène pur à condition de rejeter les proportions de sulfate de zinc qu'il avait indiquées et de choisir au contraire celles qu'il avait rejetées, bien qu'elles fussent conformes à sa suggestion théorique.

GÉOLOGIE. — *Au sujet d'une submersion récente des côtes du Morbihan.* Note de M. **Ch. Pussenot**, présentée par M. Pierre Termier.

Si l'on met en courbes de niveau, en prenant une faible équidistance, la carte marine de l'estuaire de la Vilaine et des régions voisines, à l'échelle de $\frac{1}{25000}$, il apparaît, malgré le comblement des fonds par des dépôts terrigènes étudiés d'une façon remarquable par M. Barrois [1], que la vallée de ce fleuve se prolonge sous la mer jusqu'au Sud de Belle-Ile où elle s'efface à une profondeur de 70 mètres. En outre, la même carte met en évidence une topographie compliquée qui est due, avant tout, au modelé du fond rocheux. Or, ce modelé ne peut être le résultat ni de l'action des courants marins actuels puisque leur vitesse ne dépasse pas 2 nœuds 5, ni de celle des flots qui, en général, décroît rapidement au-dessous de la surface. Il convient donc de l'attribuer à une abrasion incomplète ayant pour facteur principal un changement, relativement rapide, du niveau du sol ou de celui de la mer. Une *submersion récente* des côtes du Morbihan ne semble donc pas pouvoir être mise en doute, mais on a d'autres preuves positives de son existence.

Des *sondages* ont été faits en Vilaine, près de la Roche-Bernard, en 1901, et à Redon, en 1903, pour le compte du Service des Ponts et Chaussées. Je dois de les avoir connus, dès 1904, à l'obligeance de M. l'Ingénieur de ce Service, qui occupait alors le poste de Vannes. Voici un très bref résumé des résultats obtenus, et rapportés à la cote 0 de la carte à $\frac{1}{80000}$.

[1] Ch. Barrois, *Sur les phénomènes littoraux actuels du Morbihan* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 24, 1896, p. 182).

Entre les deux piles du pont suspendu de la Roche-Bernard, il y a eu 24 sondages aux points indiqués par les lettres dans le plan suivant :

Pile		a^3	b^3	c^3	d^3		e^3	f^3	g^3	h^3		Pile
rive	$\leftarrow 44^{m} \rightarrow$	a^2	b^2	c^2	d^2	$\leftarrow 51^{m} \rightarrow$	e^2	f^2	g^2	h^2	$\leftarrow 44^{m} \rightarrow$	rive
gauche.		a^1	b^1	c^1	d^1		e^1	f^1	g^1	h^1		droite.

Distance entre les sondages dans les rangs de 4, 8^{m}; dans ceux de 3, 9^{m}.

Comme en chacun des points désignés par la même lettre les résultats ont été les mêmes, à très peu de chose près, je ne les donne que pour les premiers d'entre eux, a^1, b^1, c^1, etc.

a^1 : — 6,5, vase; — 17,6, sable et petits cailloux granitiques; — 18, roche.

b^1 : — 6,3, vase; — 19,6, sable, fragments granitiques et lignite; — 20,1, roche.

c^1 : — 6,1, vase; — 21,3, sable et petits cailloux granitiques; — 22,4, fond présumé.

d^1 : — 8,2, vase; — 21,9, sable, gravier et fragments granitiques anguleux; — 24, fond présumé.

e^1 : — 9, vase; — 23,3, sable et gravier quartzeux éboulant; — 26,3, fond présumé.

f^1 : — 9,5, vase; — 23,5, sable et gravier quartzeux; — 27, fond présumé.

g^1 : — 10, vase; — 23,7, sable et gravier granitiques et quartzeux éboulant; — 26,1, fond de quartz.

h^1 : — 10,6, vase; — 24,5, sable et gravier granitiques et fragments; — 26,6, fond présumé.

Les cailloux ramenés sont analogues à ceux des rives.

Le chef sondeur estimait que le « fond présumé » n'était que du gravier compact. Mais l'agglomération des alluvions de base dans le lit d'un cours d'eau paraît peu vraisemblable; aussi, le gravier compact dont il s'agit doit-il être regardé plutôt comme le produit de l'altération superficielle de la granulite sous-jacente. En outre, le profil dressé à l'aide des sondages, en tenant compte du fait que chacune des piles du pont est construite sur le roc, au bord même de l'eau, fait voir que la profondeur ne saurait augmenter sensiblement en allant de f^1 vers la rive droite. L'ancien thalweg est donc, en ce point, à peu près à 27^{m} au-dessous du niveau moyen de la mer. Une différence de cote aussi considérable ne peut provenir que d'une *submersion partielle de la vallée*, submersion que le passage brusque du sable et du gravier à la vase indique comme ayant dû être rapide.

A Redon, on a fait cinq sondages sur la rive droite du fleuve, aux environs de la cale, et trois sur la rive gauche, vis-à-vis des précédents. Ils ont rencontré le versant droit de la vallée primitive, et ont montré que ce ver-

sant est recouvert d'alluvions formées de gravier d'éboulis et de schiste en décomposition. Voici le détail des quatre principaux d'entre eux.

N° 1, sur la rive droite : + 4, terrain naturel; o, vase; — 12, gravier quartzeux; — 12,7, argile ou gravier; — 18,2, argile mélangée de schiste en décomposition; — 18,6, schiste en décomposition; — 31, arrêt du sondage.

N° 2, à 15^m environ en amont du précédent : + 4, terrain naturel; o, vase; — 12, gravier quartzeux; — 12,6, schiste en décomposition; — 28, arrêt du sondage.

N° 5, à 40^m environ en amont du n° 2 : + 1,5, berge (cob); — 2, vase; — 6, gravier d'éboulis; — 7,5, roche isolée; — 8,3, éboulis et schiste en décomposition de nature analogue aux couches inférieures des sondages n°s 1 et 2; — 21, arrêt du sondage.

N° 8, sur la rive gauche, en face du n° 5 : + 4, berge (remblai); — 0,8, vase; — 11,4, gravier d'alluvions mélangé de vase; — 13,2, schiste en décomposition; — 17, gravier d'éboulis; — 17,4, roche très dure (grès schistoïde); — 18,5 arrêt du sondage.

Ces résultats confirment l'existence d'une *submersion récente de la vallée*, mais avec cette particularité que le schiste en décomposition n'a pas été traversé à — 31^m. Le fond du lit primitif est donc beaucoup plus bas et se trouve, par conséquent, très sensiblement au-dessous de la cote (— 27) qu'il a près de la Roche-Bernard, soit à plus de 30^{km} à l'aval. Cette différence peut s'expliquer de plusieurs manières. En particulier, on peut la considérer comme étant le résultat d'un affaissement local du sol ou d'un inégal affaissement du sol, dans un mouvement de même sens qui se serait étendu à toute la région.

GÉOPHYSIQUE. — *A propos de la prismation des coulées basaltiques.* Note (1) de M. **Adrien Guébhard**, transmise par M. H. Douvillé.

Dans la plupart des études faites sur la solidification des laves, ou, plus généralement, des silicates ou métaux fondus, une singulière inadvertance a vicié les résultats formulés et suscité les justes protestations de certains observateurs. Si c'est, en effet, la densité du corps solide *prise à la température ordinaire* que l'on compare à celle de la fonte, *prise souvent bien au-dessus du point de fusion,* il n'y a rien de bien étonnant à ce que la

(1) Séance du 18 août 1919.

rétraction normale correspondant à une chute de température de plus de 1000° empêche d'apercevoir un petit crochet à maximum et minimum de la courbe des dilatations au moment du changement d'état (¹).

Or, pour le premier, même en ne calculant que par défaut, sur un coefficient de dilatation de 10^{-5}, le volume solide à la température de fusion de 1500°, cela suffit pour donner confirmation du fait de la dilatation au moment de la *prise*, fait qu'utilisent couramment les fondeurs pour le moulage concurremment avec celui du *retrait* ultérieur, de plus de 1 pour 100 au total, qui facilite le détachement des pièces.

Pour le basalte, une analyse détaillée du phénomène de la prismation permet de se rendre compte que ce n'est nullement en s'excluant les unes les autres, comme semble le faire dire à un géologue américain, M. R. Sosman, une Note récente de M. C. Dauzère (²), mais en se succédant et s'adjuvant dans un ordre nécessaire et régulier, qu'y concourent, outre la dilatation du moment de la prise et la rétraction de la chute à basse température, la particularité du cloisonnement cellulaire, dont je fus le premier, il y a 22 ans (³), à signaler le rôle et à formuler les lois dans le refroidissement des liquides abandonnés au repos.

C'est grâce à la propriété qu'ont les laves de se dilater, comme l'eau, en se solidifiant, qu'une croûte superficielle a pu se former, arrêtant en vase clos le déplacement de la masse fluide et créant les conditions de repos nécessaires à l'instauration des courants de convection thermique et à leur encellulement entre les dernières surfaces de flux nul du mouvement d'ensemble antécédent (⁴).

(¹) Quand on pense avec quelles difficultés a pu être établie la courbe relative à l'eau, on devine ce qu'il peut en être aux températures de fusion des silicates.

(²) R. Sosman, *Journ. of Geology*, t. 24, 1916, p. 215. — C. Dauzère, *Sur la formation des colonnes de basalte* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 76).

(³) *Sur les phénomènes de ségrégation moléculaire observables sur les liquides troubles abandonnés au repos* (*Soc. fr. de Phys.*, 16 juillet 1897, p. 107-115, 8 pl.).

(⁴) Parmi les premières lois notées avait été celle de la nécessité du repos apparent du liquide, hors duquel ne peut s'établir l'équilibre mobile des courants de convection, ni s'enregistrer automatiquement, sur plaques photographiques, le tachetage ou le réseau cellulaire, dans les alignements duquel se reconnaît l'influence directrice des dernières agitations du bain et la trace des surfaces d'écoulement nul, nées au contact des filets tourbillonnaires hélicoïdaux, matérialisation des « tubes de force » des mathématiciens, en lesquels se subdiviseraient toujours spontanément les mouvements liquides, d'après d'anciennes observations personnelles (*Comptes rendus*, t. 125, 1897, p. 814; t. 126, 1898, p. 589; *Rev. scient.*, t. 8, 1897, p. 814-819; t. 9, 1898, p. 75-

L'irrégularité de ce mouvement au voisinage de la surface supérieure et l'impossibilité, pour la circulation tourbillonnaire, de prendre naissance dans la zone où le refroidissement, au lieu d'alourdir les molécules et de provoquer leur chute, les pousse vers le plafond, sont deux raisons concordantes pour expliquer la formation nécessaire du « chapeau non prismé » des colonnades basaltiques, sur une épaisseur déterminée par l'enfoncement initial de la surface isotherme de minimum de densité.

En dessous seulement de cette surface, entre celle de solidification et celle de maximum de densité, peut se régulariser la circulation tourbillonnaire et la constitution de cellules, dont la hauteur se trouve réglée par la distance où la chute des molécules refroidies se trouve arrêtée par un réchauffement suffisant pour changer le signe de la force vive et le sens du mouvement. De là, dans le liquide dense, la superposition de plusieurs étages de tourbillonnements, séparés par des surfaces rigoureusement fixées par le jeu naturel de la convection et non par le hasard circonstanciel « d'arrêts périodiques dans la propagation de la solidification ». La lenteur extraordinaire de cette propagation, exagérée par le caractère puissamment isolant de la croûte, permet à la pâte, de plus en plus visqueuse, de garder finalement l'empreinte figée des dernières trajectoires tourbillonnaires et des surfaces nodales et ventrales caractéristiques de tout mouvement stationnaire des liquides, avec des traces constatables, sur les derniers noyaux solidifiés, de la haute compression créée, à l'intérieur d'une carapace dorénavant presque inextensible, par la dilatation gênée qui, à l'air libre, provoque les explosions de « bombes » volcaniques.

En réalité, chaque cellule, une fois solidifiée, est à l'état de bombe chargée, comprimant, du dehors au centre, des densités et, par conséquent, des réactions élastiques croissantes, de sorte que la masse entière de la coulée, entre son « chapeau » et son plancher, représente comme une larme batavique immense dont chaque élément (en l'espèce, les cellules pétrifiées) est maintenu pressé contre les voisins par la contention de la croûte qui les enserre. Tant que celle-ci est intacte, et à moins qu'elle ne soit empêchée, par ses adhérences externes, de suivre les rétractions nor-

---

79; *C. R. Soc. géol.*, 1912, p. 185, etc.). D'autre part, la loi de la proportionnalité approchée du diamètre des cellules à leur hauteur, qui semble exclure, pour des raisons de stabilité, la possibilité de prismes très allongés, a pu trouver un correctif dans la viscosité croissante du liquide et tourner la difficulté, de la façon exposée dans le texte.

males jusqu'à la température ordinaire (auquel cas naîtraient dans son intérieur de vraies tensions de *retrait*), l'ensemble de ces rétractions, même s'il dépasse la somme des dilatations temporaires de la première heure, ne saurait qu'accentuer l'inégalité de répartition interne des tensions potentielles, qui, à la première rupture de la croûte, se porteront sur les plans de densité moindre ou de plus facile clivage pour débiter la roche suivant les gaines de délimitation des mouvements tourbillonnaires, en colonnes prismatiques verticales, elles-mêmes formées d'articles superposés, s'écaillant en coques emboîtées, enveloppe fossilisée des derniers filets giratoires.

En un mot, ce n'est pas *tantôt* par un phénomène de retrait et *tantôt* par la loi des coupures cellulaires, comme le croit, avec M. R. Sosman, M. Dauzère, que s'est produite la prismation des basaltes, mais toujours par l'action successive et coordonnée de ces deux causes physiques, elles-mêmes subordonnées à une troisième, dont le rôle principal a été trop méconnu, même par Longchambon : la propriété de foisonnement momentané qu'ont tous les silicates à l'instant de la solidification [1].

AGRONOMIE. — *Les irrigations et les arrosages en Syrie et en Palestine.* Note [2] de M. **Paul Parmentier**, présentée par M. Guignard.

I. *De l'eau.* — La Syrie n'a que deux saisons bien caractéristiques : une saison de pluies qui s'étend de novembre à mars inclusivement et une saison de sécheresse qui comprend le reste de l'année.

La question de l'eau rend la saison sèche particulièrement angoissante au point de vue agricole, d'autant plus que le déboisement complet des montagnes du pays met à sec, pendant plusieurs mois, la plupart des cours d'eau. Je ne connais guère que la plaine de la Béka, circonscrite par le Liban et l'Anti-Liban, qui permette, grâce à son origine marécageuse, à sa température plutôt européenne et aux nombreux ruisseaux qui la sillonnent, de

---

[1] La prismation fréquente des laitiers métallurgiques fournit des exemples assurément plus probatoires que celui du nitrate de soude, où c'est sur une couche « de quelques millimètres d'épaisseur » que M. Dauzère observe « la grande hauteur des prismes » et trouve des imitations photographiables « des colonnades basaltiques les plus connues ».

[2] Séance du 18 août 1919.

pratiquer des canaux d'irrigation et de submerger les cultures quand il en est besoin. Partout ailleurs on est obligé de recourir à des captages et à des forages parfois difficiles et toujours dispendieux.

II. *Les irrigations et les arrosages.* — Cette opération, telle qu'elle est pratiquée, me paraît très défectueuse à tous les points de vue. Suivant le niveau auquel se trouve la couche aqueuse, on creuse des puits, plus ou moins profonds, d'où l'on extrait l'eau au moyen de pompes actionnées par des moteurs à gaz pauvre. Cette eau est recueillie dans de vastes réservoirs construits aux endroits les plus élevés des cultures, où elle est prise par un système de tuyautage et de petits canaux cimentés, pour être distribuée en des points judicieusement déterminés.

Deux cas sont à considérer suivant qu'il s'agit de *plantations arborescentes :* orangers, bananiers, etc., ou de *cultures maraîchères.* Je laisse de côté les céréales et les plantes sarclées de grandes culture qui, à de rares exceptions près, sont ordinairement privées d'eau.

a. Plantes arborescentes. — A Jaffa, par exemple, où la culture de l'oranger, du citronnier et du bananier a pris une réelle importance (2000^{ha} environ, à raison de 880 arbres à l'hectare, 1100 pour le bananier, plantés en lignes droites et en regard les uns des autres), on creuse une cuvette, de 1^{m} à 1^{m},20 de diamètre environ, au pied de chaque arbre, auquel, tous les 5-12 jours, on donne une moyenne de 600^{l} d'eau.

Si l'on veut bien se rappeler que les racines n'absorbent l'eau qu'à leur extrémité, au niveau de leur assise pilifère, on remarquera qu'une très grande quantité de cette eau (au moins 80 pour 100) échappe à la plante, soit par infiltration dans les couches profondes du sol, soit surtout par évaporation, à cause de la chaleur excessive de la région. La persistance du feuillage de ces plantes forme un écran assez compact qui constitue un obstacle à la libre circulation de l'air et entretient sous les arbres une atmosphère chaude, presque saturée d'humidité, milieu très favorable à l'éclosion des maladies cryptogamiques et nuisible, dans une certaine mesure, à l'épanouissement complet des qualités commerciales du fruit.

b. Cultures maraîchères. — Le système d'irrigation et d'arrosage est aussi défectueux ici. La perte d'eau est aussi considérable et le contact de cette eau avec les parties aériennes de la plante, surtout dans les irrigations par submersion partielle, provoque un durcissement des organes de la plante

destinés à être consommés à l'état vert ou frais (salades, haricots, petits pois, pommes de terre, navets, radis, etc.). Des expériences, faites antérieurement par moi, me permettent d'affirmer qu'il ne faut pas chercher ailleurs la cause de durcissement anormal de ces divers légumes et conséquemment de leur dépréciation sur les marchés.

III. *Méthode nouvelle*. — Cette méthode, que je préconise parce qu'elle élimine tous les inconvénients et pertes signalés plus haut, consiste essentiellement à remplacer les cuvettes d'arrosage des arbres et les rigoles d'irrigation ou les submersions partielles des plantes maraîchères, par des cylindres creux, ouverts aux extrémités et percés latéralement à l'une d'elles de petits trous sur une hauteur de dix centimètres environ. Ces cylindres, en fonte, en ciment ou en terre cuite, ont une capacité maxima de vingt litres pour les plantations arborescentes et plus faible pour les plantes maraîchères ([1]). L'extrémité, pourvue de trous latéraux, est celle qui doit être mise en terre. Ces cylindres sont enterrés à une profondeur légèrement supérieure à celle où se trouvent les radicelles, suivant les interlignes formées par les arbres; de sorte que chacun de ceux-ci se trouve au centre d'un carré dont les sommets sont représentés par quatre cylindres. Les cylindres forment des lignes parallèles à celles des arbres et alternent avec ceux-ci. Pour remplir d'eau ces cylindres, une modification de la canalisation des réservoirs à la plantation est seule nécessaire. Les canaux doivent être remplacés par des tuyaux en fonte ou en ciment disposés le long des plantations à la façon d'une canalisation d'eau et être munis, de distance en distance, de prises d'eau identiques à celles établies dans les villes pour les pompes à incendie. Ces prises permettraient de visser un long tuyau en toile imperméable et à gros débit pour activer le remplissage des cylindres.

Conclusions. — *Quatre-vingts litres d'eau*, complètement utilisés par la plante, remplaceraient parfaitement, pour le même temps, les *six cents litres* employés actuellement, d'où économie considérable de *cinq cent vingt litres par arbre* et, d'autre part, plus d'atmosphère humide, confinée sous les arbres, ni de durcissement des légumes verts.

([1]) Des pots à fleurs défoncés, des drains cassés, voire même de vieilles boîtes de conserves perforées intérieurement, peuvent très bien être utilisés en culture maraîchère. On les dispose en nombre suffisant dans les plates-bandes, suivant les besoins d'eau de la plante cultivée.

BOTANIQUE. — *Sur le* Macaranga saccifera *Pax, Euphorbiacée myrmécophile de l'Afrique tropicale*. Note de M. **Em. De Wildeman**, présentée par le prince Bonaparte.

Lorsque, en 1894, Pax décrivit (¹) le *Macaranga saccifera* sur des plantes provenant de la région de Mukenge (Congo belge), il attira l'attention sur le fait que cette plante, grâce à ses glandes, aux oreillettes de la base du limbe foliaire et à la transformation de ses stipules en sacs, pouvait constituer un type nouveau de plante myrmécophile (²).

Peu avant la description de cette espèce, E. Laurent en avait récolté des échantillons dans les environs de Kondue, Batempa et dans la région située entre Lusambo et le Lomani. Depuis, plusieurs collecteurs belges ont rapporté cette plante d'autres régions du Congo, même du nord de l'Équateur, dans le district des Bangala; ils nous ont permis de faire remarquer sa très grande variabilité (³).

Des récoltes de 1914, du Dʳ Bequaert, chargé de mission au Congo belge, nous montrent le *M. saccifera* Pax dans la région de l'Aruwini, à Panga (N.-E. du Congo), et d'après la *Flora of tropical Africa*, le R. P. Klaine a également découvert la plante au Gabon, dans les environs de Libreville (⁴).

L'espèce que l'on considérait comme endémique dans le bassin du Congo, se retrouve donc en dehors de ce bassin, dans la zone côtière occidentale. Mais dans les deux régions qui se rapprochent au point de vue floristique, cette plante paraît caractéristique des forêts marécageuses qui abondent dans le bassin central congolais, comme dans la forêt côtière de la région équatoriale.

Au point de vue biologique, à celui des rapports existant entre la plante et les fourmis, le *M. saccifera* est indiscutablement d'un certain intérêt.

(¹) Engler, *Bot. Jahrb.*, 19, 1894, p. 43, Tab. I, A, B.

(²) Une très bonne figure de ce *Macaranga* a aussi été publiée dans Engler, *Pflanzenwelt Afrikas*, I, 2, p. 644, fig. 555. Pour la forme des feuilles, comme pour celle des stipules, elle est supérieure à celle qui a été publiée en 1894, lors de la description de l'espèce.

(³) De Wildeman, *Mission Laurent* (1903-1904), p. 130, pl. XXXIX, XL et XLI.

(⁴) Prain, *Flora of trop. Africa*, VI, 1, p. 934.

Au moment de la publication de la diagnose de cette espèce, son auteur insistait sur l'impossibilité dans laquelle il se trouvait de démontrer la présence de fourmis dans les stipules sacciformes et, dès lors, sa proposition d'élever cette espèce au rang de myrmécophyte, reposait pour lui sur une analogie avec d'autres plantes appartenant sans conteste à cette catégorie biologique.

Il faisait ressortir également que le *Macaranga saccifera* n'était pas le premier myrmécophyte du genre, le *M. caladifolia* Beccari, possédant des tiges renflées vers l'extrémité, creuses et habitées par des fourmis. Les deux formes de myrmécodomaties n'ont naturellement aucun rapport. La fistulosité des tiges, qui se remarque chez certaines espèces de *Macaranga*, n'a pas d'analogie avec la transformation, en sacs, des stipules ; cette dernière, jusqu'à ce jour, ne se rencontre chez aucune autre espèce du genre.

L'assertion de Pax que cette plante possède des poils comme les autres plantes myrmécophiles est de bien peu de valeur, car s'il existe de nombreuses plantes myrmécophiles pourvues de poils, il en existe aussi beaucoup dont les tiges sont tout à fait glabres ou munies d'un duvet très court. C'est, en particulier, le cas pour *M. caladifolia* Beccari (¹).

Cette considération avait été mise en avant par K. Schumann et reprise par A.-F.-W. Schimper, mais ne doit en aucune façon nous arrêter (²).

Le P. Kohl, dans son étude générale sur les plantes myrmécophiles de l'Afrique tropicale (³), admet également que l'utilisation des sacs du *M. saccifera* Pax par les fourmis n'a pas été prouvée.

Reprenant les matériaux qui nous ont été rapportés par E. Laurent, nous avons été frappés par une inscription de l'étiquette de l'échantillon récolté entre Lusambo et le Lomami en décembre 1895 ; ce texte n'a pas été reproduit ; il comporte : « Arbuste à urnes remplies de fourmis ; bois marécageux. » Et de fait, nous avons trouvé dans les urnes stipulaires d'un rameau jeune des cadavres de fourmis.

La conclusion de cette observation est qu'il faut indiscutablement considérer le *M. saccifera* comme pouvant donner asile, dans ses stipules transformées, à des fourmis. Mais il ne nous a pas été possible de trouver dans

---

(¹) O. Beccari, *Malesia*, vol. 2, fasc. I-II, p. 46, pl. III. Plante originaire de Bornéo.

(²) Dr A.-F.-W. Schimper, *Plant-Geography upon a physiological basis*. Edition anglaise. Oxford, 1903, p. 152.

(³) Kohl, *Die Ameisenpflanzen des tropischen Afrika mit besonderer Berücksichtung ihrer biologischen Verhältnisse in Natur und Offenbarung*, Band 55, Münster, 1909, p. 149.

ces urnes de coccides. En conséquence, on ne peut certifier que les fourmis établissent un véritable logement dans ces urnes comme dans les tiges ou les feuilles d'autres myrmécophytes africains. Nous pensons que le *M. saccifera*, tout en étant myrmécophile et myrmécodome, n'est myrmécodome que dans certaines circonstances.

C'est probablement le cas pour bien des plantes myrmécophiles. Nous ne sommes pas partisan de la théorie d'une symbiose nette entre les plantes et les fourmis, symbiose qui procurerait des avantages aux deux organismes. Nous pensons, au contraire, qu'il y a désavantage, dans la plupart des cas, pour les plantes.

Nous ne pouvons prouver que les glandes de la base du limbe foliaire, et que les très nombreuses petites glandes de sa face inférieure, dont le nombre varie fortement suivant les individus, servent à attirer les fourmis vers les domaties stipulaires.

Il est cependant probable que les glandes attirent les fourmis; nous nous referons totalement à l'opinion du Dr Schimper, pour qui les nectaires extrafloraux remplissent une fonction encore mal définie, mais indépendante des fourmis; ils ne sont devenus des organes myrmécophiles que très secondairement (1).

Pourquoi et à la suite de quelles circonstances les stipules de *M. saccifera* Pax se sont-elles transformées en urnes? Nous ne pouvons le dire.

Depuis des années, on cultive au Jardin botanique de Bruxelles le *M. saccifera*, chez lequel il se forme toujours des urnes, jamais occupées par des fourmis. Il faut, il est vrai, noter que nous multiplions cette espèce par bouturage; il serait nécessaire de faire quelques essais de semis en dehors du milieu naturel, pour essayer de définir les facteurs agissant sur la transformation des stipules.

PHYSIOLOGIE. — *La karyokynétose, nouvelle réaction d'immunité naturelle observée chez les chenilles de Macrolépidoptères*. Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

L'étude des phénomènes réactionnels d'immunité dans les maladies infectieuses naturelles ou provoquées, est particulièrement intéressante chez les chenilles de Macrolépidoptères; les éléments du sang sont très

(1) Schimper, *loc. cit.*, p. 153. — Cf. aussi Rettig, *Ameisenpflanzen-Pflanzenameisen*. Iéna, 1904.

abondants et l'observation n'est pas gênée, comme chez les Vertébrés, par la présence d'hématies en nombre toujours considérable. Nous avons étudié ces réactions, principalement chez les chenilles d'*Euproctis chrysorrhea* et de *Lymantria dispar*, deux espèces qui offrent souvent une résistance efficace à l'infection microbienne. Parmi toutes les réactions étudiées, il en est une qui nous a semblé plus particulièrement mériter l'attention en raison de sa nouveauté et de sa portée générale; le but de cette Note est de la faire connaître dans ses grandes lignes.

La première observation qui se rapporte à cette réaction date de fin mai 1918 : quatre chenilles d'*Euproctis chrysorrhea* de différentes grosseurs, avaient été inoculées, le 28 mai, avec une émulsion de culture sur gélose de *Bacillus melolonthæ non liquefaciens* γ. Vingt-quatre heures après l'inoculation, les deux plus petites chenilles mouraient infectées, les deux autres ne paraissaient pas malades. La formule leucocytaire de la première était la suivante : micronucléocytes, 40 pour 100; cellules sphéruleuses, 7 pour 100; petits macronucléocytes, 1,5 pour 100; macronucléocytes fusiformes, 46 pour 100; grands macronucléocytes, 2,5 pour 100; œnocytes, 1 pour 100. Celle de la dernière était assez différente : micronucléocytes, 32,5 pour 100; cellules sphéruleuses, 23 pour 100; petits macronucléocytes, 1 pour 100; macronucléocytes fusiformes, 37 pour 100; grands macronucléocytes, 6 pour 100; œnocytes, 1 pour 100. Chez l'une comme chez l'autre, les macronucléocytes fusiformes étaient arrondis.

Tous les microbes du sang étaient englobés dans le protoplasme et même les noyaux des micronucléocytes, quelques-uns seulement, dans les grands macronucléocytes.

La proportion des leucocytes en voie de karyokynèse était voisine de la normale : 3 à 4 pour 1000 environ.

Quarante-huit heures après l'inoculation, la formule leucocytaire était sensiblement la même que la veille; une grande partie des microbes englobés étaient en voie de résorption. Ce qui frappait la vue, en examinant le frottis coloré à un petit grossissement, c'était l'abondance extraordinaire des éléments en état de mitose : de 3 à 4 pour 1000, la proportion s'était élevée brusquement à 30 et 40 pour 1000; elle avait donc décuplé.

Nous avons répété un grand nombre de fois, cette année, l'expérience de 1918; nous l'avons répétée sur des centaines de chenilles d'*Euproctis* de tout âge et de toutes provenances. Presque toujours, quel que soit l'âge ou l'état de la chenille pendant la mue ou en dehors, à la veille de la chrysalidation ou pendant les premiers âges, nous avons pu observer le même phé-

nomène; il commence à se manifester, en général, à la fin du deuxième jour, mais quelquefois aussi un peu avant. Nous avons donc affaire à une réaction cellulaire bien définie dont la cause directe ou indirecte est le microbe introduit dans la cavité générale. Cette réaction suit la phagocytose. Elle fait partie des réactions sanguines multiples dont l'ensemble complexe constitue le phénomène de l'immunité. Il est difficile de savoir si le déclanchement du processus karyokynétique est dû à la toxine microbienne seule ou à une sécrétion cellulaire provoquée par le microbe inoculé.

Le résultat de la réaction est un accroissement du nombre des macronucléocytes; ces éléments sont, en effet, les seuls qui participent à la réaction; or ils ne phagocytent jamais. Il serait alors bien possible que leur rôle dans l'immunité ne soit pas sans importance; ils jouiraient par exemple de la propriété d'excréter des anticorps empêchant vis-à-vis du développement des microbes, ou favorisant vis-à-vis de leur englobement par les micronucléocytes. Nous avons observé souvent que la résistance des chenilles à l'inoculation n'était pas fonction exclusive de la phagocytose, mais d'autres facteurs difficiles à préciser. Des microbes très phagocytables peuvent entraîner la mort des chenilles inoculées, alors que d'autres qui le sont moins ne tuent jamais les chenilles, quelle que soit la dose inoculée. *Bacillus melolonthæ non liquefaciens* γ n'est pas le seul microbe entomophyte capable de provoquer le déclanchement du processus karyokynétique; d'autres espèces non virulentes pour les chenilles d'Euproctis jouissent de la même propriété; nous pouvons citer, entre autres : *Bacillus liparis*, un coccobacille du Hanneton non encore décrit, et un diplocoque du Ver à soie en cours d'étude.

Enfin, le phénomène n'est pas limité aux seuls macronucléocytes du sang des chenilles d'*Euproctis;* nous l'avons observé avec autant d'intensité, et tout aussi fréquemment, chez les chenilles de *Lymantria dispar*. Un certain nombre d'espèces microbiennes, autres que celles qui viennent d'être citées, peuvent d'ailleurs aussi le provoquer : par exemple, *Bacillus melolonthæ non liquefaciens* β, *Bacillus hoplosternus*.

Nous proposons le nom de *karyokynétose* pour désigner cette nouvelle réaction cellulaire d'immunité.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1919.

Notes ptéridologiques, par le prince BONAPARTE. Paris, chez l'auteur, 1918; 1 fasc. 23^{cm}.

Sur un cas particulier de diffraction des images des astres circulaires, par MAURICE HAMY. Extrait du *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 7e série, t. III, fasc. III, 1917. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1917; 1 fasc. 28^{cm}.

Résumé des travaux scientifiques de MM. Auguste et Louis Lumière. Paris-Lyon, Lumière et Jougla, 1914; 1 fasc. 27^{cm}. (Présenté par M. Carpentier.)

Essai sur la genèse et l'évolution des roches, par ALFRED VIALAY. Paris, Dunod, 1918; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Lemoine.)

Souvenirs entomologiques. Études sur l'instinct et les mœurs des insectes, 1re série. Paris, Delagrave, 1914; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Ministère de l'Armement et des fabrications de guerre. Direction des inventions. Études et expériences techniques. Laboratoire d'essais du Conservatoire national des arts et métiers. *Sur la fabrication rationnelle desbriques en terre cuite*, par F. WATTEBLED; — *Résumé des travaux sur la fabrication des briques de silice*, par F. CELLERIER; — *Étude sur la différenciation des bois verts et des bois vieux ou artificiellement vieillis*, par J. SOULIER et R. FREY; — *Résumé des travaux pendant la guerre*, par F. CELLERIER Paris, Chapelot, 1918 et 1919; 4 fasc. (Présentés par MM. Le Chatelier et Painlevé.)

La syphilis, par le Dr L.-G. QUÉRY. Paris, Maloine, 1919; 1 vol. 22^{cm}.

Commentaire de quelques cartes récentes publiées par le Service géologique des États-Unis (1915), par EMM. DE MARGERIE. Extrait du *Bulletin de la Section de géographie du Comité des travaux historiques et scientifiques*, t. XXXII, année 1917. Paris, Imprimerie nationale, 1919; 1 fasc. 25^{cm}.

Problèmes scientifiques d'alimentation en France pendant la guerre, par R. LEGENDRE. Paris, Masson, 1919; 1 fasc. 25^{cm}.

Surgery of the thorax and its viscera, by BENJAMIN MERRILL RICKETTS. Cincinnati, chez l'auteur, 1918; 1 vol. 22^{cm}.

Projecte de Institut oceanogràfic de Catalunya, per A. DE FALGUERA, J. VILASECA i JOSEP MALUQUEA. Barcelona, chez les auteurs, 1919; 1 fasc. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er SEPTEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du Tibesti.* Note (1) de M. A. LACROIX.

Aucune donnée n'existant jusqu'ici sur les laves du Tibesti, il m'a paru utile de faire l'étude complète des roches recueillies par M. Tilho, afin de fixer, au moins par une première approximation, les caractères minéralogiques et chimiques de cette vaste région volcanique nouvellement explorée (2).

Les échantillons récoltés dans le massif du Koussi, formant l'extrémité sud-est du Tibesti, sont particulièrement nombreux. Ils montrent que ce centre volcanique possède une individualité propre. Je rappellerai que des observations faites sur le terrain par M. Tilho il a été possible d'établir la succession suivante : 1° grandes émissions de laves à facies *basaltique;* 2° intrusions de syénite; 3° épanchement de roches à facies *trachytique*, avec projection d'une énorme quantité de matériaux pyroclastiques; enfin, 4° très faible émission de scories *basaltiques* postérieure à la catastrophe qui a décapité le volcan et ouvert le gouffre béant de la caldeira du Koussi Kohor. Je vais passer successivement en revue ces trois groupes de roches.

---

(1) Séance du 18 août 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1237. Cf. la carte donnée page 1172, pour les noms de lieux cités dans la présente Note. Une petite rectification doit être faite au sujet de l'altitude maximum à laquelle les cartes empreintes de *Harlania* ont été recueillies sur la lisière du Borkou et du Tibesti : ce n'est pas 300m qu'il faut lire, mais environ 600m; le gîte fossilifère de Derso a d'ailleurs été indiqué sur la carte à laquelle il est fait allusion ici.

Toutes les roches à facies *basaltique* du Koussi présentent la caractéristique commune d'être riches en olivine et en augite. Dans le type le plus ancien (β_1 de l'esquisse ci-jointe), le plagioclase (labrador) n'existe qu'en petite quantité sous forme de microlites filiformes. Sur le flanc sud de la montagne, ces roches présentent un délit coccolitique ou bien (Lantaï Kourou) elles se délitent en larges dalles à faces planes.

Les scories de la dernière venue basaltique, aussi bien celles recueillies dans la caldeira (β^1) que celles ramassées sur les flancs du volcan et jusqu'à son pied oriental (entre Gouro et Modjounga) sont remarquables par l'abondance des minéraux cristallisés; il y existe déjà des microlites feldspathiques dont la cristallisation a par suite commencé dans la cheminée du volcan.

Les analyses 7 et 8 données plus loin montrent que ces laves, bien que dépourvues de feldspathoïdes exprimés, contiennent une proportion notable de néphéline virtuelle. Ces roches se trouvent à la frontière des basanitoïdes (¹) et des basaltes.

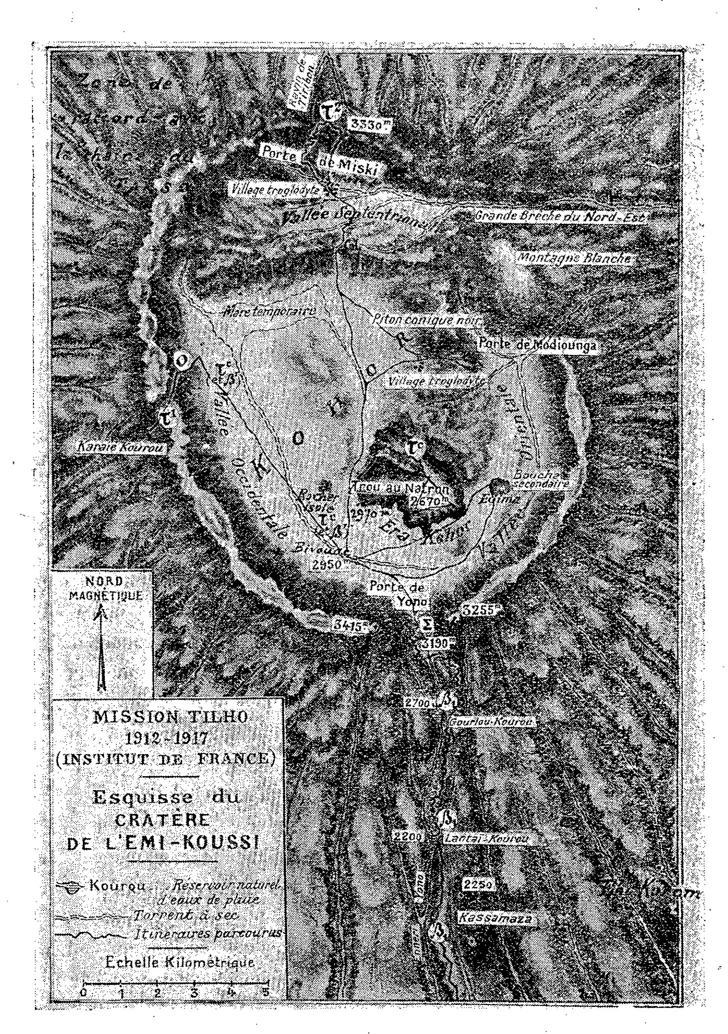
L'étude chimique confirme les conclusions de l'examen minéralogique dans la comparaison des basanitoïdes du début et de la fin de l'activité du Koussi. Les derniers venus, tout en possédant les mêmes caractères généraux que les premiers épanchés, sont plus riches en minéraux ferromagnésiens; ils sont ainsi moins potassiques.

Les *matériaux pyroclastiques* qui constituent la plus grande partie du sommet du Koussi et en particulier l'intérieur de sa caldeira sont des cendres très fines, pulvérulentes et peu cohérentes, d'un chamois clair; elles sont associées à des ponces blanches ou d'un gris verdâtre; il existe aussi des tufs, formés par de très petits lapilli, blancs ou grisâtres, cimentés par une pâte de cendre jaune agglomérée. Là où ces tufs sont assez consolidés, les rares indigènes qui campent dans ces régions désolées y ont creusé des abris de troglodytes.

L'examen microscopique montre dans ces produits la prédominance de débris ponceux, avec des fragments de cristaux de sanidine, d'augite et de hornblende brune. Ces mêmes minéraux, accompagnés de sphène, se rencontrent en phénocristaux dans le verre étiré des ponces, où ils sont parfois accompagnés de longs microlites filiformes de hornblende brune. Tel est le cas de la ponce d'un gris verdâtre dont l'analyse est donnée n° 6 : elle est attaquable par HCl, et fournit par évaporation de la liqueur d'attaque des cristaux de NaCl. C'est la ponce d'une phonolite passant au trachyte. J'ai isolé un grand nombre de petits lapilli de ces tufs et, parmi eux, j'ai rencontré, en outre des

(¹) J'appelle ainsi les roches basaltiques ayant la composition chimique des *basanites*, mais dans lesquelles la néphéline n'est pas exprimée; elle est restée à l'état potentiel dans le verre. La poudre de ces roches traitée par HCl s'attaque plus ou moins facilement; la liqueur ainsi obtenue évaporée à sec, puis reprise par de l'eau, donne, par une nouvelle évaporation, d'abondants cubes de NaCl. Quand l'attaque est faite à chaud, la magnétite est dissoute à son tour et si le feldspathoïde virtuel contient de la potasse, il se forme par évaporation de petits cristaux orthorhombiques, à forme de pseudo-octaèdres, très biréfringents, du composé $FeCl^3.2KCl.H^2O$, identique à l'*érythrosidérite* des fumerolles du Vésuve. C'est là une réaction microchimique de la potasse qui ne me semble pas avoir été utilisée jusqu'ici et qui peut rendre des services.

types de trachytes qui vont être décrits plus loin, une *phonolite* ægyrinique riche en néphéline, qui n'est pas représentée parmi les roches recueillies en place. Dans ces mêmes tufs enfin, abondent des fragments d'une *obsidienne* noire : elle est particulièrement abondante sur le flanc occidental du Koussi. Sa densité est de 2,65 et son indice



de réfraction (Na) 1,5130 : j'ai montré, à plusieurs reprises, le parti qu'on peut tirer de la combinaison de ces deux propriétés physiques pour spécifier les verres volcaniques; on verra plus loin que celui de Zoumri possède des constantes différentes, liées à une composition chimique distincte. L'obsidienne du Koussi renferme 11,8 pour 100 seulement de silice libre virtuelle. Sa composition chimique la place à la limite des rhyolites et des trachytes alcalins; elle n'est identique à celle d'aucune des roches en place qu'il me reste à étudier.

Un *trachyte* verdâtre (dont la situation exacte dans la caldeira n'a pas été notée) renferme des phénocristaux d'olivine, d'augite verdâtre, se transformant sur les bords en augite ægyrinique, et d'orthose disséminés au milieu de microlites filiformes d'orthose et de grains d'augite ægyrinique : le petit excès de SiO^2 et de Al^2O^3, la teneur en eau de l'analyse 4 indiquent un trachyte phonolitique à feldspathoïde altéré.

Le trachyte des falaises de la Porte de Miski (τ^2) est gris. Sa pâte est finement cristalline; elle renferme des phénocristaux de hornblende et de sanidine; les microlites de ce feldspath sont moulés par de petites plages d'une amphibole kataforitique. Un type analogue, mais renfermant en outre de l'ainigmatite, d'un brun violacé, poecilitique, a été recueilli entre Gouro et Modjounga.

Les falaises occidentales de la caldeira consistent en coulées d'un *trachyte porphyrique* (τ^1) à pâte brune, à phénocristaux d'anorthose et d'olivine; les microlites d'anorthose sont aplatis suivant $g^1(010)$ et associés à un peu d'augite et de magnétite. L'analyse 5 dénote une grande analogie avec certaines laves du Sancy, au Mont-Dore, mais il faut remarquer qu'ici le plagioclase reste à l'état potentiel dans l'anorthose. Il n'existe pas de quartz exprimé, mais la silice libre virtuelle est assez abondante pour placer ce trachyte à la frontière des rhyolites.

La roche d'où sort la source d'Yi Era sur le flanc sud du volcan est une *latite*, passant au trachyte, dans laquelle, à l'inverse de ce qui a lieu pour les trachytes énumérés plus haut, la potasse prédomine en poids sur la soude. Cette roche, grise ou brunâtre, possède une texture bréchiforme; au microscope, on voit un verre brunâtre très fluidal renfermant des phénocristaux de biotite et de sanidine ; sur ce fond coloré, se détachent des boutonnières incolores, formées par des sphérolites d'orthose à allongement négatif dont les fibres se terminent dans des cavités par des pointements cristallins ; le centre de ces sphérolites est obscurci par des ponctuations de magnétite, alors que leur périphérie est limpide. Au point de vue structurel, ces sphérolites sont identiques à ceux des portions scoriacées du *piperno* de la Pianura (Champs Phlégréens) et je ne doute pas que, comme dans cette roche, il ne s'agisse là de cristallisations formées par autopneumatolyse [1] aux dépens des *flammes* du trachyte compact. Ce piperno renferme des fragments de trachytes d'inégale cristallinité.

La syénite, en blocs à la Porte de Yono (Σ), et dans les ravins de la caldeira et des pentes du volcan, est très leucocrate; les intervalles miarolitiques des feldspaths blancs ou gris bleuté (microperthite d'orthose et d'albite) sont occupés par un diopside verdissant sur les bords et par une hornblende brune (à forte dispersion et à angle des axes optiques très petit). Il existe du sphène et fort peu de quartz dans l'échantillon analysé (analyse 2), mais d'autres sont plus quartzifères, leur hornblende est verdâtre. A une petite différence près dans les alcalis, cette syénite a la composition chimique de la latite d'Yi Era : elle doit être considérée comme sa forme intrusive.

Les analyses suivantes dues à M. Raoult donnent la composition chimique de ces différentes roches : elles ont été effectuées avec les ressources de la fondation Henri de Rothschild.

---

(1) A. Lacroix, *Étude minéralogique de l'éruption du Vésuve* (1906) : *conséquences à en tirer à un point de vue général* (*Nouv. Archiv. Muséum*, 4e série, t. 9, 1907, p. 109).

1. *Obsidienne rhyolitique*, II.4'.1.'4; 2. *Syénite* (Σ), porte de Yono, I(11).5.(1)2.3(4); 3. *Latite* passant au *trachyte* (1), Yi Era, I(11).'5.2.3'; 4. *Trachyte* verdâtre, I.'5.2.(3)(4); 5. *Trachyte* porphyrique (τ^1), I(11).4(5).(2)3.(3)(4); 6. *Ponce phonolitique*, II.(5)6.1'.'4; 7. *Basanitoïde* compacte (β_1), Lantaï Kouroui, III.'6.3.'4; 8. Scorie de *basanitoïde* (β^1), III (IV).(5)6.3.4.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2	65,78	62,24	61,22	56,76	56,08	54,10	43,58	42,32
Al^2O^3	12,45	16,95	16,89	19,19	18,87	17,01	15,03	10,97
Fe^2O^3	2,65	2,81	5,03	3,15	6,66	3,62	5,20	8,35
FeO	3,61	2,00	0,45	1,28	0,82	2,57	7,28	7,27
MgO	0,96	0,51	1,29	0,49	0,49	1,81	7,53	9,87
CaO	1,64	3,18	2,28	2,68	6,04	5,08	11,92	12,28
Na^2O	6,64	5,48	4,84	5,17	3,79	6,43	2,75	2,71
K^2O	4,82	5,31	5,34	4,83	3,55	4,69	2,06	1,21
TiO^2	1,07	0,92	0,81	0,36	2,03	1,42	2,76	3,78
P^2O^5	0,07	0,22	0,12	0,11	0,53	0,38	0,71	0,74
H^2O +	0,17	0,17	2,04	5,05	0,62	2,80	0,90	0,71
H^2O −	0,04	0,19	"	1,11	0,34	0,12	0,72	0,13
	100,03 (2)	99,98	100,31	100,18	99,82	100,03	100,44	100,34

En résumé, les roches du Koussi constituent une série pétrographique très homogène, à soude prédominant sur la potasse, sauf une exception. Il n'y existe pas de types très riches en silice libre; par contre, certains termes renferment, au moins virtuellement, des feldspathoïdes et cette propriété s'observe aussi bien dans les types de couleur clair que dans les roches très basiques. Il est vraisemblable que des récoltes plus nombreuses dans la caldeira feraient rencontrer des termes nettement phonolitiques, apparentés avec les ponces des grandes explosions. Malgré la richesse en alcalis des roches claires, leur teneur en chaux est toujours assez élevée. Il n'est pas sans intérêt de remarquer que la région volcanique la moins éloignée du Koussi et qui se trouve à près de 1400km au Sud-Ouest est le pointement isolé de *comendite* (rhyolite à ægyrine) de l'Hadjer-el-Khemis (bord sud-est du lac Tchad, à l'entrée du Bahr-el-Gazal) qui se rattache magmatiquement à la série franchement alcaline des granites, microgranites et rhyolites du Mounio.

(1) Y compris Cl 0,13.

(2) Dans cette roche, de même que dans celle analysée plus loin en 14, une partie du fer a été suroxydée, ce qui, dans le calcul, introduit une erreur par excès dans la teneur en silice libre.

Restent à étudier les roches des autres parties du massif du Tibesti d'où les échantillons sont beaucoup moins nombreux par rapport à la surface explorée.

Les *rhyolites* sont représentées par les ponces blanches de Daski, par des roches verdâtres à sphérolites feldspathiques, de Debassar ou à pâte vitreuse, fluidale (Zoumri); elles sont associées à des cinérites d'un blanc éclatant, à aspect crayeux (Oued Yountiou) formées par des débris de ponce. Ces rhyolites vitreuses sont souvent bréchiformes (Zoumri) et englobent des fragments de rhyolites de structure et de cristallinité variable, allant jusqu'à des types holocristallins dont les microlites d'orthose sont englobés par des plages poecilitiques de quartz. Il existe aussi dans la région de Zoumri de belles *obsidiennes*, à cassure conchoïdale, dépourvues de toute cristallisation [densité = 2,52, N(Na) = 1,5232] et aussi des obsidiennes renfermant, à l'état clairsemé, des sphérolites brunâtres, et des phénocristaux d'anorthose. L'analyse donnée plus loin met en évidence dans l'obsidienne porphyrique (n° 11) une quantité notable de plagioclase virtuel qui en fait non plus une rhyolite, mais une *dellénite*.

Les roches dominantes à Modra et à Mossodom, ainsi qu'en de nombreux autres points du massif, ont un facies basaltique; elles sont compactes; les unes renferment des phénocristaux microscopiques de labrador et d'olivine, avec des microlites d'andésine, de magnétite et d'augite; les autres sont plus nettement porphyriques, les phénocristaux de labrador sont accompagnés de microlites des plagioclases de trois dimensions différentes et d'acidité croissant en sens inverse de leur taille. L'étude chimique montre que le premier type est si riche en quartz virtuel qu'il constitue une *dacitoïde andésitique*, alors que, pour les autres dans lesquelles la silice libre est moins abondante, il s'agit d'andési-labradorites. Enfin un terme extrême provenant du Plateau de Zoumri renferme des phénocristaux de labrador atteignant 1^{cm}; l'augite et l'olivine constituent des cristaux plus gros que dans les roches précédentes. Les microlites de plagioclase sont rectangulaires; il existe du verre opaque; on peut déduire de l'analyse 14 qu'il renferme une quantité importante de silice virtuelle. Cette roche est une labradorite à la limite des dacitoïdes; elle est accompagnée de véritables basaltes, riches en péridot (Zoumri; massif de Tierroko) qui n'ont pas été analysés, mais qui constituent certainement le terme privé de silice libre (III.5.4.4) de la roche précédente.

9. *Ponce rhyolitique*, Daski, I(11).(3)4.1.3'; 10. *Obsidienne rhyolitique*, Zoumri, I'.4.(1)2.3; 11. *Dellénite obsidiennique*, Zoumri-Modra, I(11).4(5).2.3; 12. *Dacitoïde andésitique*, Oued Modra, I(11).4.3.4; 13. *Andési-labradorite*, Oued Modra, II.'5.3.'4; 14. *Labradorite à labrador*, Oyoudi, plateau est de Zoumri, II.4(5).'4.4.

	9.	10.	11.	12.	13.	14.
SiO^2.......	73,26	71,82	62,32	58,78	50,12	49,72
Al^2O^3.....	10,07	13,76	16,16	17,75	18,02	17,65
Fe^2O^3.....	2,62	1,31	2,56	4,24	8,74	9,51
FeO.......	0,64	2,18	4,11	2,91	1,91	2,35
MgO......	0,14	0,54	0,18	0,98	2,13	2,13
CaO......	1,38	1,44	2,68	6,82	8,64	9,68
Na^2O......	4,42	3,78	3,74	3,79	3,59	2,51
K^2O.......	4,92	5,41	5,31	1,96	1,59	1,52
TiO^2......	tr.	"	0,38	1,39	3,01	2,81
P^2O^5.....	tr.	"	0,04	0,49	0,81	0,38
Cl.........	0,18	0,04	"	"	"	"
H^2O + ..	1,84	0,15	2,41	0,73	1,29	0,81
H^2O − ..	0,27	0,04	0,21	0,59	0,47	1,06
	99,74	100,47	100,10	100,43	100,32	100,13

En résumé, on voit que la partie la plus vaste du Tibesti qui se développe au nord-est du Koussi présente des caractéristiques lithologiques assez différentes de celles de ce volcan. Ici, plus de roches à silice déficitaire, plus de roches à feldspathoïdes; l'excès de silice est un caractère général de la série, qui présente en outre un caractère calcoalcalin des plus caractéristiques.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la mesure de l'ensemble des classes positives d'Hermite, de discriminant donné, dans un corps quadratique imaginaire* (1). Note (2) de M. G. **Humbert**.

1. *Passage à la limite dans l'équation fondamentale.* — Partons de la dernière équation de la Note précédente, à savoir

$$(1) \qquad \sum_{l,c;\,X,Y} \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right) = h \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi^{s-1}}\right],$$

faisons-y $s = 2 + \rho$, multiplions les deux membres par ρ et égalons leurs limites pour $\rho = 0$.

Second membre. — n parcourt tous les entiers ordinaires positifs, premiers à 2Δ; la limite de Σn^{-s} est Σn^{-2}, somme égale, on le voit aisément, à $\frac{1}{8}\pi^2 \prod_{\delta}\left(1 - \frac{1}{\delta^2}\right)$, où le produit s'étend à tous les diviseurs premiers impairs, δ, supérieurs à 1, de Δ. La limite de $\rho \Sigma n^{-1-\rho}$ est, d'après Dirichlet,

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 309 et 360.
(2) Séance du 25 août 1919.

$\frac{1}{2}\prod_{\delta}\left(1-\frac{1}{\delta}\right)$; celle du second membre de (1) est donc

$$h\frac{\pi^2}{16}\prod_{\delta}\left(1-\frac{1}{\delta}\right)\left(1-\frac{1}{\delta^2}\right)\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right], \tag{2}$$

le second produit portant sur les diviseurs ϖ, premiers impairs (>1), de P.

Premier membre. — Laissons fixes l et c; par hypothèse, X et Y sont *des entiers de l'idéal* I_c, tels que l'entier ordinaire $f_l(X, Y)$: ($\mathfrak{N}I_c$) soit *premier à* 2Δ.

Occupons-nous d'abord de cette dernière condition.

On a pu choisir I_c, dans sa classe, de norme première à 2Δ; donc $f_l(X, Y)$ doit être premier à 2Δ. Si

$$f_l = AXX_0 + BX_0Y + B_0XY_0 + CYY_0,$$

on écrit

$$A f_l(X, Y) = (AX + BY)(AX_0 + B_0Y_0) + \Delta YY_0,$$

puisque le discriminant est Δ.

1° *Si Δ est pair,* comme on a pu supposer A premier à 2Δ, il faut et il suffit que $AX + BY$ soit premier à 2Δ, Y étant quelconque. Or, le nombre des entiers du corps $i\sqrt{P}$, *distincts* (mod 2Δ) *et premiers à* 2Δ, est le nombre classique $\Phi(2\Delta)$; d'ailleurs Y peut prendre $4\Delta^2$ valeurs distinctes (mod 2Δ); puis, Y étant donné, $AX + BY$ peut en prendre $\Phi(2\Delta)$, et, par suite, le nombre des systèmes de valeurs, distincts (mod 2Δ), de X et Y, rendant $f_l(X, Y)$ premier à 2Δ, est $4\Delta^2\Phi(2\Delta)$.

2° *Si Δ est impair,* donnons d'abord à Y toutes les valeurs distinctes (mod 2Δ), non premières à l'idéal 2 : elles sont en nombre $2\Delta^2$; Y étant ainsi donné, $AX + BY$ peut prendre, comme tout à l'heure, $\Phi(2\Delta)$ valeurs (mod 2Δ); d'où, pour X et Y, $2\Delta^2\Phi(2\Delta)$ systèmes, mod 2Δ. Donnons maintenant à Y les $2\Delta^2$ valeurs (distinctes mod 2Δ) et premières à l'idéal 2; $AX + BY$ doit être premier à Δ et non premier à 2, et peut ainsi prendre $2\Phi(\Delta)$ valeurs distinctes (mod 2Δ); comme $2\Phi(\Delta) = \Phi(2\Delta)$, du moins pour $P \equiv 1, 2 \pmod 4$, on trouve, pour X et Y, *en tout*, $4\Delta^2\Phi(2\Delta)$ systèmes (mod 2Δ), comme dans le cas de Δ pair.

Dès lors, les valeurs de X et Y rendant $f_l(X, Y)$ premier à 2Δ forment $4\Delta^2\Phi(2\Delta)$ systèmes, du type

$$X = \alpha + 2\Delta v; \qquad Y = \gamma + 2\Delta w, \tag{3}$$

α et γ fixes dans chaque système; v et w entiers quelconques du corps $i\sqrt{P}$.

Mais il faut de plus que X *et* Y *soient de l'idéal* I_c. Or, on peut, dans (3),

remplacer α et γ par $\alpha + 2\Delta v'$, $\gamma + 2\Delta w'$, et choisir v' et w', entiers du corps, tels que $\alpha + 2\Delta v'$, $\gamma + 2\Delta w'$ soient de I_c : car $\mathfrak{N} I_c$ a été supposée première à 2Δ. On peut donc dire que α et γ, dans (3), sont de I_c, et, dès lors, pour que X et Y en soient aussi, il faut et il suffit que v et w appartiennent à I_c.

Nous avons donc à chercher d'abord la limite, pour $\rho = 0$, de

$$\frac{1}{k_l}(\mathfrak{N} I_c)^2 \sum{}' \rho f_l^{-2-\rho}(\alpha + 2\Delta v, \gamma + 3\Delta w), \tag{4}$$

α et γ étant fixes et Σ' portant sur tous les systèmes d'entiers v, w, appartenant à I_c. D'après les principes de Dirichlet, la limite de Σ' est celle, pour $t = \infty$, de $2T : t^2$, où T est le nombre des $f_l(\alpha + 2\Delta v, \gamma + 2\Delta w)$ au plus égaux à t. Posons

$$\xi = \frac{\alpha}{\sqrt{t}} + \frac{2\Delta}{\sqrt{t}} v; \qquad \eta = \frac{\gamma}{\sqrt{t}} + \frac{2\Delta}{\sqrt{t}} w;$$

d'ailleurs, si $I_c = (q, g + i\sqrt{P})$, on a

$$v = qx_1 + (g + i\sqrt{P})y_1; \qquad w = qx_2 + (g + i\sqrt{P})y_2;$$

les x_i, y_i étant des entiers ordinaires.

Dans l'espace à quatre dimensions les points ξ, η forment un réseau et T, pour $t = \infty$, est le *volume* V de la région de cet espace définie par $f(\xi, \eta) < 1$, divisé par le volume de la *maille* du réseau. Or cette maille est le *parallélépipède* construit sur les segments rectilignes qui vont de l'origine aux quatre points de coordonnées :

$$\left(\frac{2\Delta q}{\sqrt{t}}, 0, 0, 0\right); \quad \left(\frac{2\Delta g}{\sqrt{t}}, \frac{2\Delta\sqrt{P}}{\sqrt{t}}, 0, 0\right); \quad \left(0, 0, \frac{2\Delta q}{\sqrt{t}}, 0\right); \quad \left(0, 0; \frac{2\Delta g}{\sqrt{t}}, \frac{2\Delta q}{\sqrt{t}}\right),$$

et le volume de la maille est le déterminant dont ce sont là les quatre lignes, soit $16\Delta^4 q^2 P : t^2$.

Quant à V, si l'on pose $\xi = \xi_1 + i\xi_2$, $\eta = \eta_1 + i\eta_2$, c'est le volume de l'*ellipsoïde* réel $f(\xi, \eta) = 1$, dans l'espace de coordonnées ξ_1, ξ_2, η_1, η_2 et l'on trouve facilement $V = \pi^2 : 2\Delta$; donc enfin, la limite de Σ' est

$$\frac{2}{t^2}\,\frac{\pi^2}{2\Delta}\,\frac{t^2}{16\Delta^4 P q^2},$$

et celle de l'expression (4), puisque $\mathfrak{N} I_c = q$, est $\frac{1}{k_l}\,\frac{\pi^2}{16\Delta^5 P}$.

Comme il y a $4\Delta^2\Phi(2\Delta)$ systèmes α, γ, et que c peut prendre les h va-

leurs 1, 2, ..., h, on voit que la limite du premier membre de (1) est

$$(5)\qquad h\,\frac{\pi^2}{16\Delta^5 P}\,4\Delta^2\Phi(2\Delta)\sum\frac{1}{k_l}.$$

D'ailleurs, voici l'expression de $\Phi(2\Delta)$: parmi les diviseurs premiers impairs (>1) de Δ, soient δ' et δ'' ceux tels, respectivement, que

$$\left(\frac{-P}{\delta'}\right)=+1 \quad \text{et} \quad \left(\frac{-P}{\delta''}\right)=-1;$$

on a

$$(6)\qquad \Phi(2\Delta)=4\Delta^2\left(1-\frac{1}{2}\right)\prod_{\delta'}\left(1-\frac{1}{\delta'}\right)^2\prod_{\delta''}\left(1-\frac{1}{\delta''^2}\right).$$

2. *Expression de la mesure.* — Égalant alors les expressions (2) et (5), on trouve, en utilisant (6), et observant que $\sum\frac{1}{k_l}$ est la *mesure*, $M(\Delta)$, *de l'ensemble des classes positives d'Hermite, proprement primitives, de discriminant* Δ, *dans le corps* $i\sqrt{P}$,

$$(7)\qquad M(\Delta)=\frac{1}{8}P\Delta\prod_{\delta}\left[1+\left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right]\cdot\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right],$$

δ et ϖ désignant respectivement les diviseurs premiers impairs (>1) de Δ et de P : on suppose Δ et P sans diviseur *impair* commun, et P, qui est $\equiv 1$ ou 2 (mod 4), sans diviseur carré (autre que 1).

Pour $P=1$, on retrouve une formule de M. Fatou [1].

3. *Remarques.* — 1° L'introduction des représentations *étendues* paraît nécessaire pour l'établissement de la formule (7), sauf, bien entendu, si $P=1$ ou 2, cas où les représentations ordinaires existent seules.

2° Cette formule ne semble pas contenue dans celles de Smith et de Minkowski, qui donnent la mesure d'un *genre* de formes quadratiques réelles, positives et quaternaires : car un tel genre ne contient pas *uniquement* des formes d'Hermite.

4. *Formes improprement primitives, pour* $P\equiv 1$ (mod 4). — Ce sont celles dont les coefficients extrêmes a et c sont pairs, a, b, b_0 et c n'ayant d'ailleurs aucun diviseur entier ordinaire commun. Voici les résultats, pour le corps $\sqrt{-1}$:

1° Si F_1, F_2, ... sont des formes d'Hermite *du corps* $\sqrt{-1}$, choisies, une par classe, dans les classes improprement primitives et positives, de discri-

[1] *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 505.

minant Δ, et si k_l est le nombre des *automorphies* de F_l, on a

$$(8)\qquad \sum_{l;\,X,\,Y} \frac{2^s}{k^l} F_l^{-s}(X, Y) = \lambda \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \frac{1}{n^{s-1}};$$

au premier membre, la somme porte sur les valeurs 1, 2, ... de l et sur les systèmes X, Y, entiers du corps $\sqrt{-1}$, qui rendent $\frac{1}{2}F_l(X, Y)$ premier à 2Δ; au second, n parcourt les entiers ordinaires positifs premiers à 2Δ; enfin $\lambda = 1$ si Δ est pair, et $\lambda = 2$ si Δ est impair;

2° Si $M_1(\Delta)$ est la mesure de l'ensemble des classes d'Hermite, positives, improprement primitives, de discriminant Δ, *dans le corps* $\sqrt{-1}$, on a

$$(9)\qquad M_1(\Delta) = \mu M(\Delta),$$

$M(\Delta)$ étant donné par (7) où $P = 1$, et μ ayant les valeurs suivantes :

$$\mu = 0 \quad \text{si} \quad \Delta \equiv 1 \quad \text{ou} \quad 0 \pmod 4; \qquad \mu = \frac{2}{3} \quad \text{si} \quad \Delta \equiv 3 \pmod 4;$$
$$\mu = \frac{1}{2} \quad \text{si} \quad \Delta \equiv 6 \pmod 8; \qquad \mu = \frac{1}{6} \quad \text{si} \quad \Delta \equiv 2 \pmod 8.$$

Pour $P \equiv 1 \pmod 4$, la formule (9) subsiste; toutefois, si $P \equiv 5 \pmod 8$, on permutera les deux dernières valeurs de μ. La formule (1) subsiste aussi avec substitution des F aux f; on multipliera seulement le premier membre par 2^s et le second par λ, égal à 1 ou 2 selon que Δ est pair ou impair.

5. *Cas de* $P \equiv 3 \pmod 4$. — La forme $axx_0 + bx_0y + b_0xy_0 + cyy_0$, où a et c sont entiers ordinaires et b, b_0 entiers conjugués du corps $i\sqrt{P}$, est dite *primitive* si a, b, b_0, c n'ont aucun facteur, entier ordinaire, commun; elle sera alors *proprement* primitive si elle peut prendre une valeur *impaire* quand on donne à x, y des valeurs entières dans le corps : on voit aisément que toute forme primitive l'est proprement.

Dans le corps $i\sqrt{P}$, l'équation (1) reste la même, h désignant encore le nombre des classes d'idéaux, qui est ici celui des classes *binaires* ordinaires, positives, *improprement primitives*, de discriminant P. La formule de la mesure, pour l'ensemble des classes d'Hermite positives, primitives, de discriminant Δ, dans le corps $i\sqrt{P}$, est

$$(10)\qquad M(\Delta) = \frac{1}{24} P\Delta \prod_{\delta}\left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right] \cdot \prod_{\varpi}\left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right],$$

avec, pour δ et ϖ la même signification que dans (7); Δ et P sont supposés premiers entre eux, et P, qui est $\equiv 3 \pmod 4$, n'a pas de diviseur carré autre que 1.

6. *Application à la représentation.* — Bornons-nous à deux exemples :

1° $P = 1$, $\Delta = 10$; une seule classe improprement primitive, celle de la forme $(2, 1+i, 1-i, 6)$, qui a *quatre* automorphies. On en conclut par (8), que m étant premier à 10, le nombre des représentations *réelles*

$$4m = X^2 + Y^2 + 10Z^2 + 10T^2$$

est *quatre* fois la somme des diviseurs de m, proposition qui revient à un théorème de Liouville.

2° $P = 7$, $\Delta = 1$: une seule classe d'idéaux; une seule classe positive, primitive, de discriminant 1, celle de la forme $xx_0 + yy_0$, qui a *quatre* automorphies. On conclut du n° 5 que, m étant impair, le nombre des représentations réelles $4m = X^2 + 7Y^2 + Z^2 + 7T^2$, pour lesquelles $X + Y$ est pair, est *quatre* fois la somme des diviseurs, premiers à 7, de m. C'est un théorème obtenu analytiquement par MM. Klein et Fricke ([1]).

7. *Décompositions d'un nombre impair en une somme de six carrés.* — En étendant aux formes d'Hermite *ternaires, du corps* $\sqrt{-1}$, la théorie classique de la représentation par une forme ternaire réelle, on arrive aisément à ce qui suit.

Pour représenter m positif, impair, par la forme

$$F(x, y, z) = xx_0 + yy_0 + zz_0,$$

on cherche les représentations *propres* par F (qui coïncide avec son adjointe) d'une forme d'Hermite, $f' = (a, b, b_0, c)$, positive, *proprement ou improprement primitive*, de discriminant m. Observant que toute forme ternaire positive de discriminant 1 équivaut à F, et que F admet 96 *automorphies*, on reconnaît facilement, par l'application des principes de Gauss et de Stephen Smith, que, f' étant donné et admettant k' automorphies, le nombre des représentations *propres* de f' par F est égal à $\frac{96}{k'}N'$, où N' désigne le nombre des solutions distinctes, X, Y, de la congruence $X^2 + Y^2 + a \equiv 0 \pmod{m}$.

Or, d'après Hermite, si $m = p^\alpha p'^{\alpha'} \ldots$, on a

$$N' = m\left[1 - \left(\frac{-1}{p}\right)\frac{1}{p}\right]\left[1 - \left(\frac{-1}{p'}\right)\frac{1}{p'}\right]\cdots;$$

dès lors, on en conclut que le nombre des *représentations propres de m par* F est $96N'\sum\frac{1}{k'}$, c'est-à-dire $96N'[M(m) + M_1(m)]$.

([1]) *Fonctions modulaires*, t. 2, p. 400.

$M(m)$ est donné par (7), avec $P = 1$; $M_1(m)$, d'après le n° 4, a pour expression

$$M_1(m) = \frac{1}{3}\left[1 - \left(\frac{-1}{m}\right)\right] M(m);$$

de sorte que le nombre des représentations *propres* de m par F est

$$\frac{96}{24}\left[4 - \left(\frac{-1}{m}\right)\right] m^2 \left[1 - \frac{1}{p^2}\right]\left[1 - \frac{1}{p'^2}\right]\cdots$$

On en déduit la relation

$$(11)\quad \sum \frac{1}{96} F^{-s}(x, y, z) = \frac{1}{8} + \sum \frac{1}{24} m^{-s+2}\left[1 - \frac{1}{p^2}\right]\left[1 - \frac{1}{p'^2}\right]\cdots\left[4 - \left(\frac{-1}{m}\right)\right].$$

La somme, au premier membre, porte sur les valeurs de x, y, z, entières dans le corps $\sqrt{-1}$, et telles : 1° que x, y, z soient premiers entre eux; 2° que $F(x, y, z)$ soit impair; au second membre, elle porte sur toutes les valeurs réelles, entières, positives et impaires de m, étant posé

$$m = p^\alpha p'^{\alpha'}\ldots \quad \text{et} \quad m > 1.$$

Remplaçant m par cette valeur, on met facilement le second membre sous la forme

$$(12)\quad \frac{1}{6}\prod_p \frac{1 - \frac{1}{p^s}}{1 - \frac{1}{p^{s-2}}} - \frac{1}{24}\prod_p \frac{1 - \left(\frac{-1}{p}\right)\frac{1}{p^s}}{1 - \left(\frac{-1}{p}\right)\frac{1}{p^{s-2}}},$$

les produits portant sur *tous* les nombres premiers impairs, p, supérieurs à 1.

D'autre part, on a, d'après Dirichlet,

$$(13)\quad \frac{1}{4}\sum (\xi^2 + \eta^2)^{-s} = \prod_p \frac{1 + \frac{1}{p^s}}{1 - \left(\frac{-1}{p}\right)\frac{1}{p^s}},$$

ξ et η étant des entiers ordinaires quelconques, premiers entre eux, et tels que $\xi^2 + \eta^2$ soit impair; multiplions (11) et (13) membre à membre, le second membre de (11) étant remplacé par (12). Pour le second membre nouveau, on trouve, après quelques calculs simples, la quantité

$$(14)\quad \left[\frac{1}{6}\sum \frac{1}{n^{s-2}} \cdot \sum \left(\frac{-1}{n}\right)\frac{1}{n^s} - \frac{1}{24}\sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \left(\frac{-1}{n}\right)\frac{1}{n^{s-2}}\right] \frac{1}{\sum \frac{1}{n^{2s}}},$$

n parcourant tous les entiers positifs impairs. Pour le premier membre

nouveau, *après suppression du facteur* $\frac{1}{4}$ en évidence dans (13) (Note précédente, n° 3, *in fine*), on trouve le premier membre de (11), où x, y, z sont multipliés par $\xi + \eta i$; chassant enfin le dénominateur $96 \sum \frac{1}{n^{2s}}$, on obtient la relation finale

$$(15) \qquad \sum F^{-s}(X, Y, Z) = 16 \sum \frac{1}{n^{s-2}} \cdot \sum \left(\frac{-1}{n}\right) \frac{1}{n^s} - 4 \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \left(\frac{-1}{n}\right) \frac{1}{n^{s-2}},$$

X, Y, Z étant des entiers quelconques du corps $\sqrt{-1}$, tels que F(X, Y, Z) soit impair, et n parcourant tous les entiers positifs impairs. On conclut immédiatement de (15) que le nombre des décompositions de m, impair, en une somme de six carrés, est le produit de la somme $\sum d^2 \left(\frac{-1}{d}\right)$, étendue à tous les diviseurs d de m, par la quantité $16\left(\frac{-1}{m}\right) - 4$, qui est 12 ou -20, selon que $m \equiv 1$ ou 3 (mod 4).

C'est là, d'un théorème classique, facile à obtenir *analytiquement* par les fonctions elliptiques, une démonstration *arithmétique* nouvelle; elle a l'avantage de ne reposer ni sur la notion de *genre*, ni sur les propriétés des formes quadratiques *quinaires*. De plus, la même méthode s'étend aux formes d'Hermite ternaires générales; en particulier, elle permet d'établir des théorèmes, énoncés par Liouville sans démonstration ([1]) sur les représentations de m par les formes

$$x^2 + y^2 + z^2 + t^2 + 2(u^2 + v^2) \quad \text{et} \quad 2(x^2 + y^2 + z^2 + t^2) + u^2 + v^2.$$

Je pourrai, j'espère, revenir sur ce sujet.

ASTRONOMIE. — *Sur quelques étoiles dont le mouvement propre annuel total est supérieur à* 0″,5. Note ([2]) de M. **Eugène Cosserat.**

Depuis quelques années, l'Observatoire de Toulouse a entrepris un certain nombre de recherches systématiques se rattachant à son Catalogue photographique et relatives, soit à la détermination des positions des étoiles, soit à l'étude des grandeurs, de la forme, de l'aspect et de la constitution des images.

L'état d'avancement de la publication du Catalogue photographique de

([1]) *Journ. de Math.*, 2e série, t. 9, 1864, p. 257 et 273.
([2]) Séance du 25 août 1919.

Toulouse [1] permet de développer parallèlement ces recherches sous une forme assez étendue pour songer à commencer prochainement leur publication; la présente Note, qui sert de point de départ à cette publication, n'a égard qu'aux positions des étoiles.

Le problème auquel on peut rattacher les recherches de l'Observatoire de Toulouse concernant les positions consiste à raccorder, d'une part, l'ensemble de toutes les observations visuelles appartenant à sa zone, et, d'autre part, l'ensemble des positions qui résultent de la combinaison d'un service méridien [2] et d'un service photographique.

Il a paru convenable de traiter d'abord à part, avec toute l'extension qu'elle peut comporter, et en ayant égard uniquement aux observations de Toulouse, la question des mouvements propres que révèlent et précisent ces observations. Afin de fixer les détails de la marche à suivre pour donner une forme aussi précise que possible aux nombreux résultats déjà obtenus [3] et afin de mettre en évidence les compléments que devront apporter les services d'observation, j'ai envisagé spécialement, dans ces derniers temps, un ensemble de six régions dont chacune est délimitée par un des clichés habituels, soit un ensemble formant environ la centième partie de la zone assignée à l'Observatoire de Toulouse; trois de ces régions ont été choisies de façon à renfermer respectivement, la première, l'étoile mise en évidence par A. Van Maanen [4] en 1917, la deuxième, l'étoile signalée par M. Wolf [5] en 1916, et enfin, la troisième, l'ensemble de l'étoile Pi.2^h123 et de son compagnon mis en évidence par A. Van Maanen [6] en 1915. En utilisant les différents clichés que possède l'Obser-

---

(1) La publication du deuxième fascicule du Tome VII, dont l'impression est presque terminée, donnera, jointe à celle déjà effectuée des deux premiers fascicules de chacun des Tomes II, IV, VI, une première série de mesures s'étendant à toute la zone assignée à l'Observatoire de Toulouse.

(2) Les observations méridiennes auxquelles s'attachent principalement les noms de D. Saint-Blancat et de E. Besson, ont été reprises en 1908 et continuées depuis sans interruption; à cette nouvelle série d'observations s'associent surtout les noms de A. Blondel, E. Rabioulle, tués à l'ennemi en 1914, et celui de E. Besson.

(3) Ces résultats seront rapprochés ultérieurement de la conclusion de l'article suivant : A.-C.-D. Crommelin, *The Dwarf Stars* (*Scientia*, **24**, 1918, p. 337), traduction française : *Les Étoiles naines* (*ibid.*, Supplément, p. 99).

(4) A. Van Maanen, *Two Faint Stars with Large Proper Motion* (*Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, **29**, 1917, p. 258).

(5) Voir, en particulier, *The Observatory*, **39**, 1916, p. 186.

(6) A. Van Maanen, *Faint Star with Large Proper Motion* (*Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, **27**, 1915, p. 240).

vatoire de Toulouse et en cherchant à représenter les positions moyennes, rapportées à l'équinoxe moyen de 1900,0, des étoiles dont le mouvement a été mis en évidence pour les six régions considérées, par des formules de la forme :

$$\alpha = \alpha_0 + \mu t, \qquad \delta = \delta_0 + \mu' t,$$

où t désigne l'époque du cliché, comptée à partir de 1900,0 et exprimée en années tropiques, où α_0, δ_0, μ, μ' sont des nombres indépendants de t, et où α, δ désignent l'ascension droite et la déclinaison, on est conduit, en particulier, au Tableau suivant, en se limitant, comme dans la liste de A. Van Maanen [1] aux étoiles dont le mouvement propre annuel total est supérieur à 0",5 :

Nos.	α_0.	μ.	δ_0.	μ'.
	h m s	s	° ' "	"
1.........	0.43.51,942	0,0820	4.55. 6,46	−2,702
2.........	1.57.22,948	0,1524	5.14.36,04	−0,724
3.........	2.29.21,720	−0,0203	5. 1.24,44	−0,583
4.........	2.30.35,835	0,1197	6.24.35,01	1,492
5.........	2.30.46,305	0,1165	6.23.40,96	1,470
6.........	8.37.18,313	0,0138	9.55.55,05	−0,600
7.........	8.37.25,915	0,0141	9.55.41,82	−0,607

Il est inutile d'insister sur la nature du caractère provisoire de ce Tableau destiné à remplacer ici un ensemble de 94 observations complètes; sa forme, qui résulte de la méthode suivie, sera discutée ultérieurement.

L'étoile n° 1, signalée en 1917 par A. Van Maanen, est l'étoile VI.6.75 du Catalogue photographique de Toulouse [2]; sur le cliché, de centre $0^h 44^m + 5°$ pour 1900, obtenu le 8 novembre 1901 par L. Montangerand et reproduit par héliogravure, les coordonnées rectilignes X, Y du milieu des deux poses ayant sensiblement même Y sont

$$X = -2,1682, \qquad Y = -4,5601.$$

L'étoile n° 2 est celle signalée par M. Wolf en 1916; sur le cliché, de centre $1^h 56^m + 5°$ pour 1900, obtenu le 4 novembre 1899 par L. Montangerand et reproduit par héliogravure, les coordonnées rectilignes X, Y qui

---

(1) A. VAN MAANEN, *List of Stars with Proper Motion Exceeding* 0",50 *Annually* (*The Astrophysical Journal*, **41**, 1915, p. 187); *Addenda and Errata* (*ibid.*, **43**, 1916, p. 248); reprod. dans *Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory*, nos **96**, **111**.

(2) Dans le courant de cette Note, je renvoie ainsi au Tome, au numéro du cliché et au numéro de l'étoile dans le Catalogue photographique de l'Observatoire de Toulouse.

lui correspondent sont

$$X = 20{,}7887, \qquad Y = 14{,}7480.$$

Il convient de faire remarquer que cette étoile n° 2 n'est pas venue sur la reproduction par héliogravure; le carré dans lequel elle devrait se trouver reproduite ne contient que l'étoile VI.15.45.

L'étoile n° 3 est l'étoile VI.19.56 = 415 BD + 4°; sur le cliché, de centre $2^h 28^m + 5°$ pour 1900, obtenu les 28 et 29 novembre 1904 par L. Montangerand et reproduit par héliogravure, les coordonnées rectilignes X, Y qui lui correspondent sont

$$X = 20{,}5717, \qquad Y = 1{,}3927.$$

Les étoiles n° 4 et n° 5, qui conduisent à des valeurs respectivement peu différentes pour μ et pour μ', ont été annoncées plus haut; l'étoile n° 4 est l'étoile IV.19.116 = Pi. 2^h123; sur le cliché, de centre $2^h 28^m + 7°$ pour 1900, obtenu le 7 novembre 1901 par L. Montangerand et reproduit par héliogravure, les trois poses de l'étoile n° 4 sont confondues, l'ensemble de la tache correspondant à des coordonnées rectilignes

$$X = 39{,}1, \qquad Y = -35{,}4;$$

sur le même cliché, les coordonnées rectilignes X, Y du milieu des deux poses ayant sensiblement même Y et correspondant à l'étoile n° 5, signalée en 1915 par A. Van Maanen, sont

$$X = 41{,}7089, \qquad Y = -36{,}3619.$$

Un ensemble, analogue au précédent en ce qui concerne les valeurs de μ et de μ', est formé par les deux étoiles n° 6 et n° 7. L'étoile n° 6 est l'étoile II.65.106 = 1857 BD + 10°; c'est aussi l'étoile VII.65.328; sur le cliché, de centre $8^h 36^m + 9°$ pour 1900, obtenu le 8 mars 1910 par H. Crouzel et reproduit par héliogravure, les coordonnées rectilignes X, Y correspondant respectivement à ces deux étoiles n° 6 et n° 7 sont

$$X = 19{,}3298, \qquad Y = 55{,}9605;$$
$$X = 21{,}2042, \qquad Y = 55{,}7386.$$

L'étoile n° 7 est, sur cette Carte, voisine d'une étoile dont les coordonnées rectilignes sont

$$X = 20{,}9707, \qquad Y = 56{,}2503,$$

et qui a un petit mouvement propre en ascension droite.

Aux six régions auxquelles se borne cette Note aurait pu être ajoutée celle, de centre $17^h 56^m + 5^o$ pour 1900, qui contient l'étoile mise en évidence par E.-E. Barnard, et dont l'Observatoire de Toulouse possède trois clichés anciens obtenus par L. Montangerand : le premier, du 8 juillet 1898, utilisé comme cliché VI.135 du Catalogue photographique (1); le deuxième, du 23 juillet 1898; le troisième, du 25 juillet 1898, reproduit par héliogravure; mais cette région fera l'objet d'un travail spécial ayant égard, en particulier, à la Note intéressante de A.-C.-D. Crommelin (2).

En terminant, je dois faire remarquer que si l'Observatoire de Toulouse peut envisager la publication prochaine des recherches auxquelles cette Note sert d'introduction, il le doit surtout à la collaboration précieuse qu'ont bien voulu m'apporter MM. P. Caubet, E. Cazabon, F. Rossard et M[lles] A. Anglade, M.-L. Bousquairol et M. Reynis.

GÉOGRAPHIE. — *Les matières premières et les chemins de fer de l'Afrique tropicale au nord de l'Équateur.* Note (3) de M. **Tilho**.

Les territoires de l'Afrique tropicale situés entre l'Équateur et le Sahara appartiennent pour plus des neuf dixièmes à la France et à la Grande-Bretagne; il s'y trouve en quantités considérables des matières premières jusqu'à maintenant à peu près complètement inexploitées faute de moyens de communication rapides et pratiques. Je voudrais attirer l'attention de l'Académie sur le système le plus rationnel de voies ferrées qu'il conviendrait de construire, pour mettre dans les meilleures conditions ces matières premières à la disposition de l'industrie française.

Les produits les plus intéressants de l'Afrique tropicale peuvent se classer sous les principales rubriques suivantes :

a. Bois, caoutchouc et produits spontanés de la brousse; b. Oléagineux, textiles et fibres; c. Produits alimentaires (végétaux, élevage, basse-cour, chasse et pêche); d. Gisements minéraux.

---

(1) Je signale que la coordonnée Y de l'étoile VI.135.336 est — 33,8200 et non — 23,8200; cette faute d'impression n'a pas échappé à A.-C.-D. Crommelin [voir *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 78, 1918, p. 304].

(2) A.-C.-D. Crommelin, *An Observation by Lamont of Professor Barnard's Proper Motion Star* (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 77, 1917, [1916], p. 42).

(3) Séance du 25 août 1919.

Ils sont répartis d'une façon plus ou moins régulière sur plusieurs millions de kilomètres carrés (1) et certains d'entre eux, tels que les bois, les corps gras, les céréales, le bétail, existent déjà en quantités considérables; la production de certains autres, comme le coton, les tubercules, le café, le cacao, les fruits tropicaux, etc., actuellement à peu près bornés aux besoins locaux, pourrait être développée rapidement sans autre limitation que celle des disponibilités en capitaux, main-d'œuvre et moyens de transport. Or, si l'on supposait résolus tous les problèmes relatifs à la mise en exploitation et à la livraison à la consommation mondiale des matières premières sommairement mentionnées ci-dessus, on pourrait démontrer que le mouvement commercial annuel qui en résulterait pour l'Afrique noire se chiffrerait par plusieurs dizaines de milliards.

Il est à peine besoin de souligner toute l'importance qu'il y aurait en tous temps (et plus particulièrement dans la période difficile actuelle) à ce que notre industrie puisse se procurer, en territoire français, les matières premières que, jusqu'à maintenant, elle a dû acheter à l'étranger; or la France, grâce à ses colonies, et plus spécialement à ses colonies d'Afrique, pourrait devenir exportatrice de matières premières au lieu d'importatrice qu'elle a été jusqu'ici et acquérir ainsi la situation financière de premier plan à laquelle lui donnent droit les héroïques sacrifices qu'elle a consentis pour la défense des droits des peuples et de la liberté du monde.

Parmi les problèmes nombreux et ardus que posent l'exploitation et le développement de ces richesses de l'Afrique noire, il en est deux qui ont une importance capitale et qui sont intimement liés entre eux : le recrutement de la main-d'œuvre et l'établissement de moyens de communication.

L'Afrique tropicale, au nord de l'Équateur, peut être schématiquement répartie entre trois zones principales séparées l'une de l'autre par deux zones intermédiaires :

a. L'Afrique forestière ou *équatoriale*, qui s'étend approximativement de l'Équateur au 6e degré de latitude nord;

b. L'Afrique agricole ou *soudanienne*, sensiblement délimitée par les 11e et 15e degrés de latitude nord;

---

(1) De l'Équateur jusqu'au 17e degré nord et de l'Atlantique jusqu'à l'océan Indien, la superficie de l'Afrique tropicale dont la mise en valeur pourrait être progressivement entreprise dépasse 10 millions de kilomètres carrés, c'est-à-dire plus de 20 fois celle de la France.

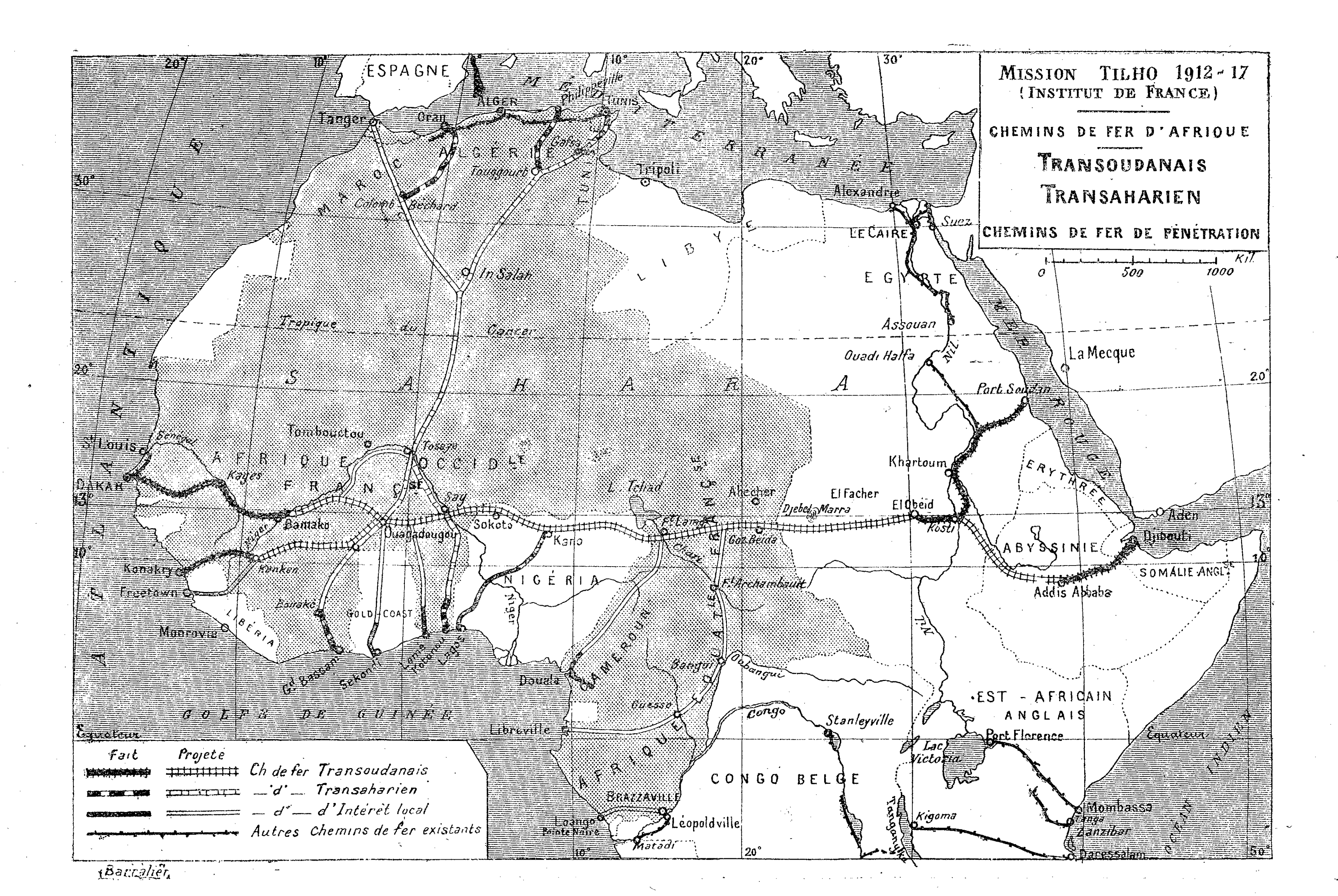
c. L'Afrique désertique ou *saharienne*, située au nord du 17e degré de latitude nord.

Entre ces trois zones parallèles se placent l'*Afrique soudano-équatoriale* d'une part et l'*Afrique soudano-saharienne* d'autre part.

De ces trois grandes zones tropicales africaines, la plus importante est la zone soudanienne, car elle est la seule qui présente des disponibilités importantes en main-d'œuvre et en ressources alimentaires; les populations de l'Afrique forestière sont encore trop clairsemées et trop sauvages pour donner un utile concours à la mise en valeur des riches territoires sur lesquels elles se répartissent; quant à celles de l'Afrique saharienne, elles sont en nombre si infime et elles ont un tel mépris du travail qu'il n'y a pas à compter sur leur collaboration.

Il est à peine besoin de dire que l'Européen, désireux de coloniser un coin de l'Afrique noire, ne pourra le faire qu'avec le concours de la main-d'œuvre indigène, dont les $\frac{4}{5}$ seront pendant longtemps encore fournis par les populations soudanaises. Or celles-ci, que l'on peut évaluer à une quinzaine de millions d'âmes, étant réparties sur environ 6000 kilomètres de l'Est à l'Ouest et 400 du Nord au Sud, il sera nécessaire, pour toute entreprise importante, d'aller chercher ses équipes de travailleurs parfois très loin de l'endroit où elles devront être utilisées; il sera nécessaire aussi de pouvoir procéder à des relèves périodiques assez fréquentes, car, en règle générale, les noirs s'accommodent mal d'un effort trop longtemps soutenu et d'une absence prolongée de leurs villages. Par suite, la conclusion s'impose, avec une évidence absolue, que la période de mise en valeur méthodique de l'Afrique tropicale ne pourra commencer que lorsque les entreprises de colonisation disposeront d'une voie ferrée permettant d'aller aisément et rapidement recruter la main-d'œuvre soudanaise, partout où elle sera disponible; cette voie ferrée sera l'axe de rassemblement, de transport, de ravitaillement et de relève, en un mot la « grande ligne de rocade » des contingents de travailleurs montant aux chantiers ou redescendant au repos dans leurs villages.

Cette voie ferrée indispensable au développement de l'Afrique, c'est le Transcontinental africain Est-Ouest que j'ai déjà proposé d'appeler le « Transoudanais » et dont le tracé (approximativement marqué par la nature africaine elle-même, le long du 13° parallèle) doit avoir pour jalonnement général : *Dakar* et *Konakry*, points de départ sur l'Atlantique; *Ouagadougou*, *Sokoto*, *Kano*, *Fort Lamy*, *Goz Beïda*, *El Obeïd*, et *Khartoum*



MISSION TILHO 1912-17
(INSTITUT DE FRANCE)
CHEMINS DE FER D'AFRIQUE
TRANSOUDANAIS
TRANSAHARIEN
CHEMINS DE FER DE PÉNÉTRATION
0 500 1000 Kil.
Fait
Projeté
Ch de fer Transoudanais
—d'— Transaharien
—d'— d'Intérêt local
Autres chemins de fer existants
ESPAGNE
Tanger
Oran
Alger
Philippeville
Tunis
Tripoli
Alexandrie
Le Caire
Suez
Touggourt
Colomb Béchard
In Salah
Tropique du Cancer
SAHARA
LIBYE
EGYPTE
Assouan
Ouadi Halfa
La Mecque
Port Soudan
Khartoum
El Obeid
El Facher
Kosti
Abyssinie
Addis Ababa
Djibouti
Aden
Somalie Angl.
Erythrée
Tombouctou
St Louis
Dakar
Kayes
Bamako
Ouagadougou
Sokoto
Kano
Say
Konakry
Freetown
Monrovia
Libéria
Nigéria
Gold Coast
Lagos
Douala
Cameroun
L. Tchad
Abécher
Ft Archambault
Bangui
Oubangui
Libreville
Brazzaville
Léopoldville
Loango
Pointe Noire
Matadi
Congo
Stanleyville
Congo Belge
Est - Africain Anglais
Port Florence
Lac Victoria
Kigoma
Tanganyika
Mombassa
Tanga
Zanzibar
Daressalam
Golfe de Guinée
Equateur
Barralier

à travers le Soudan; *Port-Soudan* et *Djibouti,* points d'arrivée sur la mer Rouge.

Mais il va sans dire que le Transoudanais ne saurait à lui seul répondre à tout le problème des voies de communication nécessaires à la mise en valeur de l'Afrique; cette grande « ligne de rocade » ne peut, en effet, présenter d'intérêt que si elle dispose d'un nombre suffisant de voies d'accès vers les chantiers où la main-d'œuvre devra être utilisée, voies d'accès qui ne sont autres que les chemins de fer de pénétration dont chacune de nos colonies côtières a projeté la construction.

Il faut en outre que l'Afrique tropicale puisse communiquer avec la France plus sûrement, plus fréquemment et plus rapidement que par la voie maritime, et pour cela il est indispensable qu'un chemin de fer transsaharien réunisse l'Afrique noire à nos possessions de l'Afrique du Nord : Maroc, Algérie, Tunisie.

Le programme d'ensemble des voies ferrées de l'Afrique tropicale au nord de l'Equateur peut donc être envisagé comme il suit :

Une grande voie ferrée d'intérêt général africain : *le Transoudanais;*

Une grande voie ferrée d'intérêt général français : *le Transaharien;*

Des voies d'intérêt local : les chemins de fer de pénétration vers l'intérieur construits ou projetés par les colonies côtières, échelonnées le long de la côte de l'océan Atlantique, de l'embouchure du Sénégal à celle du Congo.

Le Transoudanais, devant desservir à la fois des territoires français et britanniques, devra être construit par une entreprise franco-anglaise; le Transaharien ne pourra être qu'une œuvre nationale française; quant aux diverses voies ferrées d'intérêt local, il semble que leur construction doive être laissée, comme par le passé, à chacune des colonies qu'elles desserviront, dans la limite des ressources financières qui seront mises à leur disposition par la mère-patrie.

M. A. Lacroix offre à l'Académie un Mémoire intitulé : *Un manuscrit inédit de Dolomieu sur la Minéralogie*, publié dans le *Bulletin de la Société de statistique des Sciences naturelles et des Arts industriels de l'Isère*.

Il s'agit d'un travail qu'il a trouvé dans les papiers de Dolomieu, travail intéressant en ce qu'il montre que, dès la fin du XVIIIe siècle, les plus importants des gisements minéralogiques de cette région, célèbre parmi les minéralogistes, étaient découverts et explorés.

M. DE FORCRAND fait hommage à l'Académie du Tome II (deuxième édition) de son *Cours de Chimie à l'usage des étudiants de P. C. N. et S. P. C. N.*

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° PUBLICACIONS DE LA SOCIETAT DE QUIMICA DE CATALUNYA : I. *Tractat elemental de Química*, par A. LAVOISIER. Primera Part, traduit de l'edicio publicada pel Ministeri d'instrucció pública de França per MIQUEL A. BALTÀ i FLORENCI COMA.

2° *Annuaire général de la France et de l'Étranger*, publié sur l'initiative du COMITÉ DU LIVRE pour l'année 1919.

MM. **RENÉ BAIRE**, **HUMBERT BOUCHER**, **RAOUL COMBES**, **CHARBONNIER**, **E. COUVREUR** et **E. DUROUX**, **GRIGAUT**, **RENÉ LOCQUIN**, **H. MARICHELLE**, **LOUIS MARTIN** et **A. PETTIT**, **POINCET**, **RACLOT**, **ROBERT PIERRET** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles observations sur les séries ultrasphériques.* Note (1) de M. **ERWAND KOGBETLIANTZ**, transmise par M. Appell.

Le développement ultrasphérique de $f(x)$ dans l'intervalle $(-1, +1)$

$$(1) \qquad f(x) \sim \frac{2^{2\lambda}\Gamma^2(\lambda)}{2\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(n+\lambda)\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+2\lambda)}P_n^{(\lambda)}(x)\int_{-1}^{+1}\frac{f(u)\,P_n^{(\lambda)}(u)\,du}{(1-u^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}}$$
$$(-1 \leqq x = \cos\theta \leqq +1)$$

est le cas particulier du développement ultrasphérique de $F(\theta, \varphi)$ sur la sphère pour $F(\theta, \varphi) \equiv f(\cos\theta)$. Ce point de vue est utile si l'on veut étudier

(1) Séance du 25 août 1919.

la sommabilité (C, δ) de la série (1) aux points frontières $x = \pm 1$ et l'on déduit des théorèmes de la Note précédente [1] les corollaires :

1. *Soit* $(1-x^2)^{\lambda-\frac{1}{2}}|f(x)|$ *intégrable dans* $(-1, +1)$; *si* $f(x)$ *devient infinie au point* $x=-1$ $[x=+1]$ *d'ordre* $\gamma_0 < \frac{\lambda+1}{2}$ *et est à variation bornée dans l'intervalle* $(1-\varepsilon, 1)$ $[(-1, \varepsilon-1)]$, *la série* (1) *pour* $x=+1$ $[x=-1]$ *est sommable* (C, λ) *avec la somme* $f(1-0)$ $[f(0-1)]$. *Pour* $\gamma_0 \geqq \frac{\lambda+1}{2}$, *la série n'est pas sommable* (C, λ).

Supposons que $f(x)$ est à variation bornée dans $(-1, +1)$, sauf les voisinages des points intérieurs $x_k (k \leqq 1)$ et d'un des points frontières $x_0 = -1$ $[x_0 = +1]$, où elle est de la forme $A_k(x-x_k)^{-\gamma_k} = \varphi_k(x)$ ou de la forme $A_k \log(x-x_k) + \varphi_k(x)$ $(k \geqq 0)$, $\varphi_k(x)$ étant à variation bornée. Alors on a :

2. *Au point* $x=+1$ $[x=-1]$, *la série* (1) *est sommable* (C, $\delta > \lambda - 1$) *avec la somme* $f(1-0)$ $[f(0-1)]$, *si à l'intérieur de* $(-1, +1)$ $f(x)$ *n'a que des infinis logarithmiques et si* $\gamma_0 \leqq \frac{\lambda}{2}$; *si* $\frac{\lambda}{2} < \gamma_0 < \frac{\lambda+1}{2}$, *elle l'est* (C, $\delta < \lambda$) *pour* $\delta > \delta_0$, *où* $\delta_0 (\delta_0 < \lambda)$ *est le plus grand des nombres* $\lambda + \gamma_k - 1$ *et* $2\gamma_0 - 1$; *enfin elle n'est pas sommable* (C, $\delta \leqq \delta_0$).

Par exemple, la série de Legendre $\left(\lambda = \frac{1}{2}\right)$ de $f(x)$ n'est pas sommable $\left(C, \frac{1}{2}\right)$ au point $x = 1$, si $f(x)$ pour $x=-1$ devient infinie d'ordre $\gamma_0 \geqq \frac{3}{4}$, converge ($\delta = 0$), si $f(x)$ devient infinie à l'intérieur de $(-1, +1)$ et au point $x=-1$ d'ordre $\gamma_k < \frac{1}{2}$, et diverge si l'un quelconque des γ_k est $\geqq \frac{1}{2}$.

Mais si l'on veut étudier la sommabilité (C, δ) de (1) à l'intérieur de l'intervalle $(-1, +1)$ pour $\delta \leqq 0$ [2], il vaut mieux employer une méthode directe, basée sur les propriétés suivantes de la moyenne arithmétique d'ordre δ — $S_n^{(\delta,\lambda)}(\theta, \varphi)$ — de la série

$$(2) \qquad \frac{2^{2\lambda}\Gamma^2(\lambda)}{2\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(n+\lambda)\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+2\lambda)}P_n^{(\lambda)}(\cos\theta)P_n^{(\lambda)}(\cos\varphi).$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 322.

[2] La sommabilité (C, $\delta > 0$) est étudiée dans la Note aux *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 778.

I. Pour $|\theta - \varphi| \geqq \varepsilon > 0$, $0 < \eta \leqq \theta \leqq \pi - \eta$ et $0 < \eta' \leqq \alpha < \beta \leqq \pi - \eta'$, on a, quel que soit $n = 0, 1, \ldots, \infty$,

$$(\sin\varphi)^{\lambda} |S_n^{(0,\lambda)}(\theta, \varphi)| < C_1 \qquad \text{et} \qquad \left| \int_{\alpha}^{\beta} S_n^{(0,\lambda)}(\theta, \varphi) (\sin\varphi)^{\lambda} d\varphi \right| < \frac{C_2}{n+1}.$$

II. Quel que soit $\delta > -1$, on a, pour $\eta \geqq \theta \leqq \pi - \eta$ et $0 \leqq \alpha < \beta \leqq \pi$,

$$\lim_{n=\infty} \sigma_n^{(\delta)}(\theta) = \lim_{n=\infty} \int_{\alpha}^{\beta} S_n^{(\delta,\lambda)}(\theta, \varphi) (\sin\varphi)^{2\lambda} d\varphi = \sigma \qquad (\delta > -1),$$

où $\sigma = 0$ pour $\theta < \alpha$ ou $\theta > \beta$, $\sigma = 1$ pour $\alpha < \theta < \beta$ et $\sigma = \frac{1}{2}$ pour $\theta = \alpha, \beta$; $\lim\limits_{n=\infty} \sigma_n^{(\delta)}(\theta) = 0$ uniformément pour $\eta \leqq \theta \leqq \alpha - \varepsilon$ et $\beta + \varepsilon \leqq \theta \leqq \pi - \eta$.

III. Pour $\eta \leqq \theta \leqq \pi - \eta$, $\varepsilon \leqq \alpha < \beta \leqq \pi - \varepsilon$ et $\delta > -1$ on a, quel que soit $n = 0, 1, \ldots$,

$$|\sigma_n^{(\delta)}(\theta)| < C_3.$$

A l'aide de I on démontre le théorème, qui se réduit, pour $\lambda = \frac{1}{2}$, au théorème de Hobson [1] :

Si $f(x)$ est à variation bornée autour du point $x = x_0$ $(-1 < x_0 < 1)$, le développement (1) *converge pour $x = x_0$ et a pour somme*

$$\frac{1}{2}[f(x_0 - 0) + f(x_0 + 0)],$$

pourvu que $(1 - x^2)^{\frac{\lambda - 1}{2}} f(x)$ soit intégrable dans $(-1, +1)$.

On démontre ensuite que, pour $|x| = |\cos\theta| < 1$ et $\delta > 2\gamma - \lambda - 1$,

$$\lim_{n=\infty} I_n^{(\delta)}(x) = \lim_{n=\infty} \int_{\pi-\varepsilon}^{\pi} \left(\cos\frac{\varphi}{2}\right)^{-2\gamma} S_n^{(\delta,\lambda)}(\theta, \varphi) (\sin\varphi)^{2\lambda} d\varphi = 0.$$

Mais, si $\delta \leqq 2\gamma - \lambda - 1$, $I_n^{(\delta)}(x)$ oscille sans tendre vers une limite déterminée, et l'on voit que la série (1) n'est pas sommable $(C, \delta < \lambda)$ partout à l'intérieur de l'intervalle $(-1, +1)$, si $f(x)$ devient infinie en un point frontière $x = \pm 1$ d'ordre $\gamma_0 \geqq \frac{\delta + \lambda + 1}{2}$. Le cas particulier $\delta = 0$ a été indiqué par Darboux [2].

Soit maintenant $f(x)$ à variation bornée dans $(-1, +1)$, sauf les voisi-

(1) *Proceed. L. Math. Soc.*, 2e série, t. 7, 1909, p. 31.
(2) *Journal de Liouville*, 3e série, t. 4, 1878.

nages des points $x_0 = -1$, $\overline{x}_0 = +1$ et des points intérieurs $x = x_k (k \geqq 1)$, où $f(x)$ possède des infinis logarithmiques ou devient infinie d'ordres $\gamma_k < 1$ pour $k \geqq 1$ et $\gamma_0, \overline{\gamma}_0 < \frac{\lambda+1}{2}$, et où elle a la forme $A_k(x-x_k)^{-\gamma_k} + \varphi_k(x)$ ou $A_k \log(x-x_k) + \varphi_k(x)$ $(k \geqq 0)$, $\varphi_k(x)$ étant à variation bornée. En désignant par $\delta_0 (\delta_0 < 0)$ le plus grand de tous les nombres $\gamma_k - 1$, $2\gamma_0 - \lambda - 1$ et $2\overline{\gamma}_0 - \lambda - 1$, nous avons le théorème :

Le développement (1) *de la fonction $f(x)$ de la nature indiquée n'est sommable* (C, $\delta \leqq \delta_0$) *en aucun point intérieur de* $(-1, +1)$, *l'est* (C, $\delta < 0$) *avec la somme* $\frac{1}{2}[f(x-0)+f(x+0)]$, *si* $\delta > \delta_0$, *et l'est* (C, $\delta < 0$) *pour chaque* $\delta > -1$ *si, à l'intérieur de* $(-1, +1)$, $f(x)$ *ne possède que des infinis logarithmiques et si* γ_0 *ainsi que* $\overline{\gamma}_0$ *sont* $\leqq \frac{\lambda}{2}$.

Ainsi, la sommabilité (C, $\delta < 0$) de la série (1) en un point intérieur dépend de *la conduite de $f(x)$ dans tout intervalle* $(-1, +1)$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les efforts de contact dans les solides hétérogènes et notamment dans le béton armé.* Note (1) de M. G. Guillaumin, présentée par M. Boussinesq.

I. Considérons une pièce hétérogène, en béton armé par exemple, constituée schématiquement par une âme cylindrique en acier de rayon r_0 et une gaine en béton de rayon r_1. Soient E et η, E_1 et η_1 $(E_1 = Em)$ les coefficients d'élasticité et de Poisson du béton et de l'acier. Supposons la pièce soumise à une extension (ou compression) uniforme qui crée deux efforts longitudinaux constants Z et Z_1 dans la gaine et dans l'âme. Si R_0 est l'effort normal de contact développé à la surface de séparation des deux matériaux, supposés adhérents l'un à l'autre, on trouve

$$R_0 = \frac{Z_1(\eta_1 - \eta)}{m(\beta+\eta) + 1 - \eta_1 - 2\eta(\eta_1 + m\alpha\eta)},$$

$$Z = \frac{Z_1}{m} - 2R_0\left(\alpha\eta + \frac{\eta_1}{m}\right), \qquad \text{avec} \qquad \alpha = \frac{r_0^2}{r_1^2 - r_0^2}, \quad \beta = \frac{r_1^2 + r_0^2}{r_1^2 - r_0^2}.$$

Le coefficient de Poisson du béton est assez mal connu ; il est même vraisemblable qu'il doit être mal défini et sujet à de grosses variations. Quoi qu'il

---

(1) Séance du 25 août 1919.

en soit, on voit que les déformations longitudinales des pièces en béton armé doivent avoir pour effet de provoquer, entre les deux matériaux, des modifications non négligeables d'*adhérence* dont le sens dépend du signe de $\eta_1 - \eta$. Par contre, l'*inégalité des coefficients de Poisson* ne modifie pas sensiblement la formule habituellement employée $Z = \frac{Z_1}{m}$.

II. Les mesures les plus récentes (¹) du coefficient η du béton à la compression paraissent lui assigner une valeur assez faible, 0,15 en moyenne, au moins dans les limites des efforts adoptés dans les constructions. Dans ces conditions, on trouve, avec les données usuelles ($E = 2 \times 10^5$, $m = 10$, $\eta_1 = 0,3$),

$$R_0 = 0,013 Z_1,$$

dès que la gaine de béton est suffisamment épaisse $\left(\frac{r_1}{r_0}\text{ de l'ordre de } 4\right)$. Pour $Z_1 = -1000^{kg} : cm^2$ par exemple, on obtient un renforcement d'adhérence normale de $13^{kg} : cm^2$ environ.

Le coefficient de Poisson du béton à l'extension, considéré comme le rapport entre la contraction transversale et la dilatation longitudinale, n'est pas connu du tout. On peut cependant admettre qu'il reste toujours inférieur à la valeur trouvée à la compression, surtout pendant la période d'étirage et de fissuration du béton. On obtient alors, quand Z_1 atteint 1500^{kg}, une réduction de pression normale qui peut varier entre 20 et $40^{kg} : cm^2$, c'est-à-dire détruire l'adhérence. Un effet analogue doit se produire à la compression lorsque les efforts auxquels on soumet les pièces approchent de la limite de résistance du béton.

Ces déductions paraissent être confirmées par certains essais expérimentaux et, notamment, par ceux que M. Féret a entrepris autrefois pour déterminer l'adhérence tangentielle, au moyen de la rupture à la traction de briquettes Michaëlis armées longitudinalement; dans ces expériences, en effet, on a toujours trouvé une adhérence très faible.

III. M. Vasilesco Karpen a montré récemment (²) comment le retrait du béton à l'air développait entre les deux matériaux une pression de con-

(¹) *Engineering News*, 26 septembre 1907. — RÜDELOFF, *Recherches sur les colonnes en béton armé* (*Annales des Ponts et Chaussées*, Bibliographie, 1910). — *Proceedings of American Society of civil Engineers*, février 1914.

(²) *Bulletin de la Société scientifique de l'Académie roumaine*, 12 mars 1916, et *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 21.

tact et, par conséquent, créait une adhérence tangentielle. Dans son étude, M. Vasilesco Karpen ne fait pas intervenir les déformations longitudinales. Or on sait que le retrait des pièces longues a pour effet de tendre le béton et, également, de comprimer l'acier si la pièce est partiellement libre; les déformations transversales correspondantes contribuent donc à renforcer l'effort normal de contact R_0 dû au retrait. Le calcul montre que, dans le cas d'une gaine épaisse, cet effort est toujours théoriquement voisin de cE, c désignant la dilatation linéaire due au durcissement du béton libre, au moins tant que les déformations du béton peuvent être considérées comme élastiques.

IV. Dans le cas du durcissement sous l'eau, c est positif; il tend donc à s'établir entre l'acier et le béton un effort d'arrachement, qui ne peut, d'ailleurs, jamais dépasser sensiblement la limite d'étirage du béton, soit $20^{kg} : cm^2$ environ. Comme il a toujours été constaté que les deux matériaux restaient adhérents, même sous l'eau, on doit en conclure, ainsi qu'il est généralement admis, que les modifications de volume dues au durcissement du béton ne sont pas les seules causes de l'adhérence. Nous indiquerons, au surplus, dans une prochaine Note, les corrections et les réserves qu'il y a lieu de faire à cette théorie de l'adhérence qui, cependant, donne certainement une explication qualitative des phénomènes. On sait, en effet, d'après les renseignements fournis par l'Ouvrage classique de M. Féret [1], que l'adhérence va décroissant suivant que le durcissement se fait à l'air sec (retrait important), à l'air humide (retrait très faible), ou sous l'eau (retrait négatif).

V. On admet que la différence entre les coefficients de dilatation thermique de l'acier et du béton est de l'ordre de 2×10^{-6}. L'élévation de température a donc, au point de vue de l'adhérence, le même effet que le retrait, mais cet effet est beaucoup plus faible.

ASTRONOMIE. — *Orbite de la comète* 1919*b* (*Metcalf*). Note de M. **Benjamin Jekhowsky**, transmise par M. B. Baillaud.

En me basant sur les observations des 21, 22 et 23 août, j'ai obtenu le système d'éléments suivants :

---

(1) *Étude expérimentale du ciment armé.*

$T = 1919$ oct. 22,11836, temps moyen de Greenwich;

$$\left.\begin{aligned} \Omega &= 303°.47'.11'' \\ \omega &= 117.21.\ 0 \\ i &= 12.51.20 \end{aligned}\right\} \text{Écliptique et équinoxe 1919,0;}$$

$\log q = \bar{1},80080$;
$\log k_0 = \bar{2},16320$.

Les deux observations extrêmes sont représentées ainsi :

	O. — C.	
	Δα.	Δδ.
Août 21	+0',2	+0',2
» 23	+0',5	+0',6

A l'aide de ces éléments et avec les constantes de Gauss

$$x = r[\bar{1}99244] \sin(151°.48'.44'' + v),$$
$$y = r[\bar{1}93710] \sin(\ 55.33.\ \ 1 + v),$$
$$z = r[\bar{1}72794] \sin(\ 79.\ \ 7.18 + v).$$

J'ai calculé l'éphéméride suivante pour minuit, temps moyen de Greenwich :

Temps moyen de Greenwich.	α.	δ.	log ρ.	log r.
Août 26,5...	338°.27'.1''	38°.13',2	$\bar{1}$,3094	0,0625
» 27,5...	337.13.7	41.10,9	$\bar{1}$,2895	576
» 28,5...	335.45.4	44.23,2	$\bar{1}$,2702	527
» 29,5...	333.57.6	47.48,9	$\bar{1}$,2518	477
» 30,5...	331.44.4	51.26,4	$\bar{1}$,2349	427

Cette éphéméride, par rapport aux observations, donne des écarts qui vont en croissant. Ainsi pour les observations du 26 et 28 août on trouve :

	O. — C.	
	Δα.	Δδ.
Août 26 (Uccle)	+1',6	+0',6
» 28 (Paris)	+7 ,7	+5 ,1

Ceci est tout naturel, car d'après la valeur de k_0 trouvée, on doit conclure que l'orbite de cette comète est une ellipse. En passant des éléments paraboliques employés aux éléments ordinaires on trouve que l'excentricité de l'orbite de cette comète est environ $e = 0,7571$.

D'après un télégramme reçu de Boston le 30 août, cette comète est identique à la comète 1847 V.

ASTRONOMIE. — *Sur les nébuleuses spirales.*
Note de M. C.-L. **Charlier**, transmise par M. B. Baillaud.

Parmi les objets célestes, il n'y en a aucun plus difficile à ranger à sa place, dans l'évolution stellaire, que les nébuleuses spirales. Ayant moi-même, comme tous les autres astronomes veux-je dire, cherché en vain à trouver une explication définitive de ces objets, j'ai cependant, depuis quelques années, employé deux hypothèses de ce travail, que j'ai appliquées de temps en temps aux observations nouvelles de ces objets. Une de ces hypothèses est d'une nature élémentaire, et je crois utile de l'exposer aux astronomes sans vouloir maintenant discuter les raisons pour et contre que l'on puisse faire à cette hypothèse.

Outre la forme spirale, les nébuleuses spirales ont deux propriétés qui sont bien établies :

1° Les nébuleuses spirales évitent la voie lactée et sont surtout concentrées autour de ses pôles.

2° D'après les observations spectroscopiques, les nébuleuses spirales ont une très grande vitesse, montant à plusieurs centaines de kilomètres par seconde et, à de rares exceptions près, elles *s'éloignent* toutes du Soleil.

Toute explication des nébuleuses doit tenir compte de ces deux faits astronomiques.

Supposons maintenant que les nébuleuses spirales soient formées par la collision d'un corps extra-galactique avec notre système stellaire. Si la vitesse de ces corps est très petite, ils sont capturés par notre système stellaire, en particulier si leur mouvement est à peu près parallèle au plan galactique. Si, au contraire, la vitesse est grande, ils s'éloignent infiniment de notre système stellaire, emmenant une partie plus ou moins grande (peut-être une seule étoile) de notre système, qui formera par une évolution graduelle les nébuleuses spirales.

On trouve que cette hypothèse explique très simplement : 1° les vitesses radiales positives des nébuleuses : les rares nébuleuses spirales qui ont des vitesses radiales négatives, comme la nébuleuse d'Andromède, ont toutes un mouvement assez parallèle au plan galactique, ce qui explique bien le signe négatif de la vitesse ; 2° la condensation des nébuleuses spirales autour des pôles galactiques est une conséquence nécessaire de la probabilité plus grande pour une collision de la voie lactée avec un corps se mou-

vant perpendiculairement au plan galactique; 3° la forme spirale de ces nébuleuses est une conséquence naturelle de ces collisions.

MICROPHONIE. — *Sur un microphone à alvéoles multiples.* Note de MM. A. **Soret** et R. **Couespel**, transmise par M. Lippmann.

I. Dans les nombreuses recherches que nous avons faites en vue de perfectionner l'appareil de volume très réduit que l'un de nous a présenté à l'Académie il y a quelques années, sous le nom d'*audiphone bilatéral*, nous avons reconnu un inconvénient sérieux à l'emploi d'un microphone dont la pastille de charbon ne porte qu'un *nombre restreint d'alvéoles* (3, 6 ou 10 au plus), chacun de ces alvéoles contenant un assez grand nombre de grenailles, inconvénient encore plus marqué s'il s'agit d'une seule cavité remplie de poussières ou grenailles de charbon.

II. Il y a un gros avantage à éviter le contact des grenailles entre elles, et par suite leur tassement, à ne permettre, au contraire, que le contact individuel de chaque grenaille avec la lame vibrante sur laquelle elle s'appuie.

On obtient alors une sensibilité de l'appareil et une pureté des sons bien supérieures, ainsi qu'une constance remarquable (toujours constatée à l'ampèremètre) dans le fonctionnement de l'appareil.

Nous avons donc réalisé un nouveau transmetteur microphonique en multipliant ces contacts individuels des grenailles avec la dite lame vibrante et, pour cela, nous pratiquons dans la pastille de charbon, non plus 3, 6 ou 10 alvéoles, mais un très grand nombre, de diamètre réduit et ne contenant chacun qu'*une* grenaille. Avec environ 220 alvéoles dans une pastille de 27^{mm} de diamètre, nous avons ainsi établi autant de contacts indépendants et directs de grenaille à lamelle; le résultat a été absolument remarquable.

III. Les mêmes qualités de *pureté du son* perçu et de *sensibilité de l'appareil*, qui permettent d'entendre nettement une personne parlant à voix basse à plus d'un mètre de l'appareil, sont encore accrues par l'emploi de *lamelles vibrantes extra minces et polies*. La faible épaisseur de ces lamelles qui ne dépasse pas $\frac{2}{10}$ de millimètre et qu'il convient de ne pas réduire au-dessous de ce chiffre exige, à cause de leur diamètre relativement grand, quelques précautions pour leur polissage, reconnu également des plus utiles.

IV. Nous ajouterons que le *réglage micrométrique* de la portée réceptrice contiguë au microphone contribue à obtenir un rendement supérieur que nous pensons avoir porté au maximum.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le calcul du rapport entre la pression de vapeur d'un solide et celle du liquide surfondu à diverses températures.* Note ([1]) de M. A. **Boutaric**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. La solidification à T° absolus d'une molécule-gramme d'un liquide surfondu entraîne une diminution d'énergie libre dont l'expression est

$$A = RT \log_e \frac{p_1}{p_2}, \tag{1}$$

p_1 et p_2 désignant respectivement les pressions de vapeur du liquide surfondu et du solide à la température T. On a donc

$$\log_e \frac{p_1}{p_2} = \frac{A}{RT}. \tag{2}$$

2. D'après l'hypothèse de Nernst, la diminution totale d'énergie U et la diminution d'énergie libre A mises en jeu dans une transformation peuvent s'exprimer par des relations de la forme

$$U = U_0 + \beta T^2 + \gamma T^3 + \delta T^4 + \ldots, \tag{3}$$

$$A = U_0 - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2} T^3 - \frac{\delta}{3} T^4 - \ldots, \tag{4}$$

les coefficients U_0, β, γ, δ, ... dépendant de la transformation envisagée.

Pratiquement, dans des intervalles de températures qui ne sont pas trop étendus, on peut souvent se borner à deux termes et prendre

$$U = U_0 + \beta T^2; \tag{3 bis}$$

$$A = U_0 - \beta T^2. \tag{4 bis}$$

Désignons par θ la température de transformation, pour laquelle la variation A d'énergie libre est nulle, et par U_θ la diminution d'énergie totale relative à cette température. On voit aisément que A peut s'écrire

$$A = \frac{U_\theta}{2}\left(1 - \frac{T^2}{\theta^2}\right). \tag{5}$$

([1]) Séance du 25 août 1919.

D'où

$$\log_e \frac{p_1}{p_2} = \frac{U_\theta}{2RT}\left(1 - \frac{T^2}{\theta^2}\right), \tag{6}$$

formule qui ne fait intervenir que U_θ et θ, c'est-à-dire avec une approximation suffisante pour les vérifications expérimentales, la chaleur de fusion et la température de fusion.

3. Les pressions de vapeur p_1 et p_2, relatives au liquide surfondu et au solide, n'ont été mesurées que pour un très petit nombre de corps : l'eau, le benzène, l'acide formique sont les seuls que cite le *Recueil de Constantes physiques* publié par la Société française de Physique.

Eau. — Les données du calcul sont :

$$\theta = 273 - 0,00475; \qquad U_\theta = 79,2 \times 18.$$

La formule (6) devient, après introduction des logarithmes vulgaires,

$$\log_{10} \frac{p_1}{p_2} = 2091.10^{-6}\,\frac{\theta^2 - T^2}{T}. \tag{7}$$

Le Tableau I donne les valeurs de p_1 et de p_2, observées par K. Scheel et W. Heuse (1) et les valeurs de p_1, calculées à partir des valeurs de p_2 par application de la formule (7). L'accord est excellent et il est tout aussi bon qu'avec les formules empiriques plus complexes proposées par Scheel et Heuse et par différents autres auteurs (2).

TABLEAU I.

t.	p_2 au-dessus de la glace.	p_1 (au-dessus de l'eau). Obs.	Calc.
o	mm	mm	mm
0	4,579	4,579	4,579
— 2	3,885	3,958	3,961
— 4	3,288	3,415	3,418
— 6	2,776	2,942	2,943
— 8	2,337	2,525	2,527
— 10	1,963	2,160	2,165
— 12	1,644	1,843	1,850
— 15	1,253	1,445	1,454

(1) K. Scheel et W. Heuse, *Ann. der Phys.*, 4e série, t. 29, 1909, p. 723.

(2) Notamment : Kolacek, *Wied. Ann.*, t. 29, 1886, p. 347; Juhlin, *Bihang till Kongl. Svenska Vetenskaps-Akad. Handlingar*, t. 17, 1892, Afd 1, n° 1; Thiesen, *Ann. der Phys. und Chem.*, t. 67, 1899, p. 690.

Benzène. — Les données du calcul sont (¹) :

$$\theta = 278,58; \quad U_0 = 2356;$$

(8)
$$\log_{10}\frac{p_1}{p_2} = 3317.10^{-6}\,\frac{\theta^2 - T^2}{T}.$$

Les écarts sont de l'ordre des erreurs d'expérience.

TABLEAU II.

t.	p_2 (benzène solide).	p_1 (benzène liquide). Obs.	Calc.
°	mm	mm	mm
5,58 C.	36,06	36,06	36,06
5	34,65	34,88	34,94
4	32,32	33,02	33,12
3	30,03	31,24	31,23
2	28,08	29,80	29,65
1	26,18	28,00	28,08
0	24,42	26,48	26,60

Acide formique. — Les données nécessaires au calcul sont :

$$\theta = 281,5; \quad U_0 = 2438;$$

(9)
$$\log_{10}\frac{p_1}{p_2} = 3363.10^{-6}\,\frac{\theta^2 - T^2}{T}.$$

TABLEAU III.

t.	p_2 (ac. form. sol.).	p_1 (ac. form. liq.). Obs.	Calc.
°	mm	mm	mm
8 C.	17,0	17,5	17,1
6	14,1	15,4	14,5
4	11,6	13,7	12,4
2	9,7	12,1	10,7

Le Tableau III donne les valeurs de p_1 et de p_2 observées par Kahlbaum (²) et les valeurs de p_1 calculées à partir des valeurs de p_2, au moyen de la formule (9). Les valeurs expérimentales diffèrent nettement des valeurs calculées. On arriverait à un désaccord analogue en calculant la chaleur de fusion par la différence entre la chaleur de volatilisation du liquide surfondu et la chaleur de sublimation du solide déduites des courbes

(¹) FERCHE, *Wied. Ann.*, t. 44, 1891, p. 265.
(²) KAHLBAUM, *Zeits. phys. Chem.*, t. 13, 1894, p. 34.

de pression de vapeur, soit :

$$L = \frac{R\theta^2}{p_1}\frac{dp_1}{dT} - \frac{R\theta^2}{p_2}\frac{dp_2}{dT} = 4950 \text{ cal : g},$$

qui est supérieure au double de la valeur expérimentale. D'où la conclusion que les mesures semblent erronées et mériteraient d'être reprises.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sulfate diméthylique et des méthylsulfates alcalins sur les chlorures et bromures alcalins secs.* Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. L'action exercée par le sulfate de méthyle sur le chlorure de sodium a été étudiée dès 1835 par Dumas et Peligot : ils ont signalé la production de chlorure de méthyle. Mais ni eux, ni ceux qui ont répété leur expérience, ne l'ont examinée quantitativement. En reprenant ces essais à la lumière des résultats obtenus dans une autre direction nous avons été amenés à constater qu'ici encore les choses ne se passent pas en toute simplicité. L'action d'un chlorure alcalin sur le sulfate diméthylique ne s'effectue pas à froid, ni même à 90°. Si l'on pouvait la formuler

$$(1) \qquad SO^4(CH^3)^2 + 2NaCl = SO^4Na^2 + 2CH^3Cl,$$

le résidu serait constitué par du sulfate disodique accompagné à l'occasion d'un excès de chlorure; le gaz dégagé serait du chlorure de méthyle pur.

Les deux faits ne peuvent être vérifiés : le résidu repris par l'eau est acide et renferme du pyrosulfate de sodium, le gaz renferme de l'oxyde de méthyle.

Ayant eu l'occasion de constater et d'étudier la décomposition par la chaleur des méthylsulfates alcalins dans laquelle se dégage précisément le gaz oxyde de méthyle et où apparaît corrélativement le pyrosulfate de sodium, il nous a paru que l'action du chlorure devait, au moins dans un premier stade, correspondre à la formule

$$(2) \qquad SO^4(CH^3)^2 + NaCl = SO^2\langle{}^{OCH^3}_{ONa} + CH^3Cl.$$

Ultérieurement, puisque l'opération demande un chauffage extérieur, la décomposition du méthylsulfate primaire devrait entrer en action

$$(3) \qquad 2SO^2\langle{}^{OCH^3}_{ONa} = S^2O^7Na^2 + CH^3 - O - CH^3.$$

L'étude quantitative du phénomène a porté aussi bien sur l'analyse du résidu que sur celle du mélange gazeux.

Dans le résidu on a toujours constaté la présence du sulfate disodique : la réaction totale n'est donc pas la succession pure et simple des deux réactions (2) et (3) : corrélativement, le mélange gazeux n'étant pas constitué par le chlorure de méthyle et l'oxyde de méthyle dans la proportion de en volumes 2 à 1. Le chlorure de méthyle est toujours en excès par rapport à cette proportion.

Par contre, le dégagement gazeux semble bien se produire en deux temps pendant l'élévation progressive de la température : il paraît même cesser complètement vers 200° pour reprendre plus haut. Dans la première phase se dégagent 87 pour 100 de chlorure de méthyle total, dans la seconde 93 pour 100 de l'oxyde de méthyle.

Le méthylsulfate alcalin obéissait donc à la réaction (3), mais intervenait-il aussi par ailleurs vis-à-vis du chlorure alcalin, et dans quelle mesure ?

II. Nous avons été ainsi conduits à étudier l'action de la chaleur sur le mélange de méthylsulfate et de chlorure de potassium. La présence de chlorure de méthyle dans le gaz dégagé trahit la réaction

$$(4) \qquad SO^2\begin{cases} OCH^3 \\ OK \end{cases} + KCl = SO^4K^2 + CH^3Cl.$$

Cette réaction est même plus importante que la réaction (3) : si l'on fait réagir des quantités à peu près équimoléculaires des deux sels, un tiers des molécules de méthylsulfate se comporte selon (3) et le reste subit l'action du chlorure de potassium. Cette action du chlore s'accentue à mesure qu'on en emploie un plus grand excès et devient alors tout à fait prépondérante sans que cependant l'oxyde de méthyle disparaisse complètement. Inversement, si dans la réaction du sulfate diméthylique on emploie la quantité de chlorure correspondant à la formule (2), la réaction (4) disparaît presque entièrement et le phénomène est représenté assez exactement par la formule

$$2\,SO^4(CH^3)^2 + 2\,KCl = 2\,CH^3Cl + (CH^3)^2O + S^2O^7K^2.$$

Les deux gaz sont dans le rapport de volumes de deux à un et le pyrosulfate de potassium est à peu près exempt de sulfate.

III. La confrontation des mesures faites dans l'action du chlorure alcalin sur le méthylsulfate d'une part et d'autre part sur le sulfate diméthylique a

conduit à cette conclusion que l'action de masse du chlorure devait être contrariée par une autre : la proportion d'oxyde de méthyle observée était supérieure à celle qu'on attendait. *La cause en est dans le chevauchement des deux réactions* (2) *et* (3). Le sulfate diméthylique a pour effet d'accélérer la décomposition du méthylsulfate selon (3) et, en outre, le sulfate alcalin résultant de la réaction (4) est en état d'agir lui-même sur le sulfate diméthylique pour donner de l'oxyde de méthyle. Ces vues reçoivent une confirmation par l'étude de l'action du chlorure de baryum sur le sulfate diméthylique; nous avons établi que le sulfate diméthylique n'est pas altéré par le sulfate de baryum dans les conditions où il est transformé par les sulfates alcalins en oxyde de méthyle. Corrélativement, l'action du chlorure de baryum sur le sulfate diméthylique fournit un gaz beaucoup plus riche en chlorure de méthyle que ne ferait (tout étant égal d'ailleurs) le chlorure de potassium. Deux molécules de chlorure de potassium sont impuissantes à suppléer une seule molécule de chlorure de baryum pour réduire dans la même proportion l'oxyde de méthyle qui accompagne le chlorure de méthyle. Les expériences précédentes montrent donc pourquoi il est impossible d'avoir par cette méthode du chlorure de méthyle exempt d'oxyde.

IV. Pour ce qui concerne les dérivés bromés, les choses se passent comme pour les dérivés chlorés, aussi bien en ce qui concerne l'action d'un excès de bromure sur le sulfate diméthylique qu'en ce qui concerne l'action du bromure sur le méthylsulfate.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les poudres B pures.* Note de M. **Jacques Delpech**, présentée par M. de Chardonnet.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un échantillon des poudres B pures que j'ai préparées en 1913, avec des collodions spéciaux filtrés de la même façon que ceux destinés à la filature de la soie artificielle.

Ces poudres B pures ont été étudiées en 1913 à Sevran-Livry, où elles ont fait l'objet de tirs dans un canon de 75^{mm} de marine, comparativement avec la poudre BM_{7}. L'expérience a montré que ces poudres B pures possèdent exactement les mêmes propriétés balistiques que les poudres B ordinaires. (Le résultat de ces tirs a été consigné dans un rapport officiel au ministre de la Marine.)

Les poudres B pures, constituées par des matières qui ont subi une dissolution complète, possèdent, contrairement à la poudre B ordinaire,

l'aspect et la transparence du celluloïd, cette transparence permet d'éliminer tous les brins suspects et rend possible la constitution de lots parfaitement homogènes au point de vue de la stabilité.

Les poudres B ordinaires destinées à la Marine se présentent sous l'aspect de bandes opaques, l'examen par transparence est impossible : au moment du triage on ne peut éliminer que les brins à *surface* suspecte, les parties internes échappant à l'examen, on laisse forcément passer, dans les lots de poudre, des brins qui devraient être écartés.

Au moment de la constitution des lots de poudre destinés à la Marine, il importe pourtant d'éliminer tous les brins à points anormaux de décomposition, que ces points soient superficiels ou internes; cette élimination rigoureuse est impossible dans le cas des poudres B ordinaires opaques, elle est au contraire aisée dans le cas des poudres B pures et transparentes.

Il a été remarqué que les points anormaux de décomposition ont généralement pour centre des impuretés figurées, la plupart du temps bien visibles à l'œil nu et en général d'origine ligneuse. En présence d'un stabilisateur indicateur tel que la diphénylamine, ces points anormaux de décomposition se manifestent sous l'apparence de taches bien visibles par transparence, qu'elles soient superficielles ou internes. Dans le cas des poudres B pures obtenues en partant de collodions alcooliques, ces taches sont noires; dans le cas des poudres B pures provenant de collodions acétoniques, ces taches sont vertes.

Ces impuretés proviennent du coton employé pour les nitrations, ce sont des débris de branches ou des débris de graines de coton; ces parcelles plongées dans les bains de nitration n'atteignent pas le même degré de nitration que les fibres de coton, elles restent à l'état de ligno-nitrocelluloses inférieures instables.

Lorsqu'on trempe le coton dans des bains sulfonitriques destinés à exercer un effet nitrant maximum (préparation des fulmicotons), les parcelles ligneuses arrivent à se nitrer sensiblement autant que les fibres de coton, mais lorsque les bains sont dosés de façon à n'exercer qu'un effet nitrant limité (préparation des cotons pour collodion) les parcelles ligneuses qui sont difficiles à nitrer n'atteignent pas le même degré de nitration que les fibres de coton.

Cette hétérogénéité des nitrocelluloses pour collodion est facilement mise en évidence par la méthode d'analyse optique : en portant sur la platine du microscope polarisant des échantillons de ces nitrocelluloses

préalablement déshydratées à l'alcool, on constate que ces parcelles sont colorées en jaune clair, signe certain de leur faible degré de nitration.

Les échantillons de poudre B pure qui sont présentés à l'Académie ont été préparés en partant d'une dissolution complète de nitrocellulose. Cette dissolution a été filtrée à travers d'épaisses nappes de ouate. Sous l'action de la pression (40 atmosphères), la ouate se feutre et permet d'effectuer une filtration rigoureuse, toutes les parcelles insolubles sont arrêtées et notamment les parcelles ligneuses incomplètement nitrées, la solution de nitrocellulose ainsi purifiée et concentrée a fourni les bandes de poudre B pure qui ont fait l'objet des expériences.

La préparation des poudres B pures exige la mise en œuvre de quantités de dissolvant plus importantes que celles nécessitées par l'emploi des procédés ordinaires de fabrication, mais les procédés actuels de récupération permettent de ramener la dépense finale de solvant à un taux normal; d'autre part la filtration et la concentration des collodions nécessitent un supplément de main-d'œuvre, d'où un accroissement du prix de revient.

Les poudres B pures coûteront un peu plus cher à fabriquer que les poudres B ordinaires, mais, par suite de leur pureté et de la sécurité qu'assurera l'emmagasinage de telles poudres, les stocks de la Marine pourront être conservés plus longtemps, d'où une diminution de la consommation de nature à compenser, et même au delà, l'augmentation du prix de revient.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Efficacité comparée des bouillies bordelaises ordinaires et des bouillies bordelaises caséinées pour la préservation des grappes.* Note [1] de MM. **Vermorel** et **Dantony**, transmise par M. L. Mangin.

Pour préserver les grappes contre le mildiou, il faut traiter aussitôt que la floraison est achevée; plus tard, il est pratiquement impossible de les atteindre parce que les feuilles les recouvrent. Pour que leur préservation soit assurée, la bouillie doit donc rester en place jusqu'à la vendange et, pour cela, présenter une adhérence très grande, tout en se laissant dissoudre dans les eaux météoriques.

L'addition de caséine aux bouillies bordelaises ordinaires (à base de chaux) permet d'obtenir ce résultat, ainsi que le montrent les essais suivants :

(1) Séance du 25 août 1919.

Ayant pulvérisé le 11 juin 1919, sur les rangs pairs d'une vigne, une bouillie bordelaise ordinaire, et sur les rangs impairs, la même bouillie additionnée de 50g de caséine par hectolitre, nous nous sommes astreints, à partir du 12 juin, à prélever chaque jour 50 grappes et à les brosser aussitôt. La poudre recueillie était traitée avec 200^{cm^3} d'eau chargée de gaz carbonique dans des conditions de pression et de température rigoureusement constantes, en laissant en contact 5 minutes et en maintenant mécaniquement la poudre en suspension dans le dissolvant.

L'insoluble était séparé immédiatement par décantation et filtration, puis traité par l'acide nitrique. Les deux solutions cupriques obtenues étaient ensuite électrolysées. Les nombreux chiffres résultant de ce travail sont consignés, en raison de l'encombrement, dans une Note spéciale.

Ils nous ont permis de constater que 24 heures après la pulvérisation, 100 grappes portent une quantité de cuivre métal, exprimée en milligrammes, de 990 pour la bordelaise ordinaire, et 560 pour la caséinée. La bouillie bordelaise caséinée mouille les grappes, s'étend sur elles en une mince couche continue, l'excédent tombe sur les feuilles ou sur le sol, tandis que la bouillie ordinaire forme des gouttes assez grosses qui, séchant sur place, abandonnent plus de cuivre, mais du cuivre moins bien réparti.

Quoi qu'il en soit, les pertes de cuivre subies par la bouillie ordinaire sont, dans le temps, beaucoup plus importantes que celles supportées par la bouillie caséinée.

A partir du 7e jour, la bouillie caséinée tient la première place et sa supériorité ne fait que s'affirmer par la suite.

Après 15 jours, on a 128^{mm} de cuivre pour la bouillie ordinaire et 206^{mm} pour la caséinée.

Après 1 mois, 48^{mm} pour l'ordinaire et 155^{mm} pour la caséinée, soit 3 fois plus.

Après 45 jours, 20^{mm} pour l'ordinaire et 140^{mm} pour la caséinée, soit 7 fois plus.

Les chiffres obtenus, pour la portion soluble dans l'eau chargée de gaz carbonique, ne sont pas moins concluants : dès le 3e jour, la bouillie caséinée est plus soluble que l'autre, et cette supériorité ne fait que s'accentuer; double déjà le 25e jour, elle est triple après 45 jours.

La caséine est donc un adjuvant de tout premier ordre, qu'il faudra dorénavant employer dans toutes les bouillies bordelaises (à base de chaux) :

1° Parce qu'elle assure la « mouillabilité » et, par conséquent, une répartition uniforme, sur toute la surface des organes traités, du cuivre protecteur;

2° Parce qu'elle maintient en place, malgré pluies et intempéries, et sans diminuer la solubilité, le cuivre qu'on ne saurait répandre à nouveau sur des raisins enfouis au milieu des feuilles.

PARASITOLOGIE. — *Destruction de la Punaise des lits* (Cimex lectularius *Mer.*) *par la chloropicrine*. Note de MM. G. **Bertrand**, **Brocq-Rousseau** et **Dassonville**, présentée par M. E. Roux.

La toxicité de la chloropicrine pour certains insectes a déjà fait l'objet de deux Notes de l'un de nous [1].

Nous avons cherché s'il était possible de tuer les punaises à l'aide de ce corps. La solution de ce problème est d'une importance considérable, en raison de la nécessité qui s'impose aujourd'hui de la désinfection des casernements militaires et de nombreux établissements civils : hôpitaux, écoles, etc.

Nos expériences de laboratoire ont porté sur plus de 350 punaises. Elles ont été réalisées suivant la méthode déjà décrite : séjour dans une atmosphère close avec des concentrations gazeuses variables, pendant des temps variables.

Pour toutes les punaises en expérience, la marche de l'intoxication est la même : après quelques secondes, les insectes manifestent une vive agitation, puis ils se calment, restent par instants immobiles, et leurs mouvements se ralentissent de plus en plus jusqu'à la mort.

Nous avons noté les temps maxima après lesquels tous les insectes étaient tués. Bien avant ces temps, la plupart d'entre eux étaient déjà morts. Le Tableau suivant donne les résultats de 4 séries comprenant chacune 12 expériences.

Temps pour obtenir la mort.

	Nombre de grammes par mètre cube.					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Série 1	16.30	7.00	4.00	2.30	2.10	2.00
» 2	14.00	6.30	3.10	2.20	2.00	1.50
» 3	10.00	6.00	2.40	1.50	1.45	1.45
» 4	9.00	5.40	2.30	1.45	1.30	1.35
Temps moyens	12.22	6.17	3.05	2.06	1.51	1.47

(1) G. Bertrand, *Sur la haute toxicité de la chloropicrine vis-à-vis de certains animaux inférieurs...* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 742.) — G. Bertrand et Rosenblatt, *Action toxique comparée de quelques substances volatiles sur divers Insectes.* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 911.)

Temps pour obtenir la mort (suite).

	Nombre de grammes par mètre cube.					
	7.	8.	9.	10.	15.	20.
	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Série 1..........	1.35	1.10	1.30	1.45	1.05	0.45
» 2..........	1.30	1.05	1.15	1.30	1.05	0.40
» 3..........	1.15	1.00	1.00	1.23	1.00	0.25
» 4..........	1.00	1.00	0.45	1.05	1.00	0.20
Temps moyens....	1.20	1.07	1.07	1.26	1.03	0.33

A l'aide des temps moyens, on obtient la courbe suivante :

Cette courbe montre que ce sont les proportions de 4^g à 10^g de chloropicrine qui offrent le plus d'intérêt au point de vue pratique. Les premières expériences de désinfection que nous avons faites sont fondées sur cette conclusion. Voici en quoi elles ont consisté : nous avons d'abord placé un lit de troupe fortement infecté dans un local d'une contenance de 10^{m^3}, après avoir pulvérisé dans le milieu 100^g de chloropicrine, et pris la précaution de soulever les draps, le matelas et les couvertures. Après 12 heures, toutes les Punaises étaient mortes.

Cette expérience de désinfection a été répétée dans un local de 75^{m^3}, contenant 8 lits. La dose de chloropicrine a été aussi de 10^g par mètre cube. Sur un des lits, placé au milieu du local, on a mis un tube à essai renfermant 20 Punaises à divers états de développement, l'ouverture du tube étant garnie d'un morceau de gaze qui empêchait le départ des insectes, tout en laissant pénétrer les vapeurs toxiques. Après 4 heures, toutes les Punaises des lits et du tube étaient déjà mortes. Une recherche attentive dans toute la literie, sur le sol et sur les murs, n'a pas permis de trouver un seul insecte vivant. La plupart d'entre eux, sous l'influence des premières atteintes par la vapeur toxique, avaient quitté la literie, et nous avons trouvé leurs cadavres sur le sol aux pieds des lits (1).

En résumé, la destruction des Punaises peut être obtenue avec des doses de chloropicrine assez faibles pour que l'emploi de cette substance soit pratiquement réalisable. Les doses de 4^g à 10^g par mètre cube paraissent être les plus convenables.

(1) La pulvérisation de la chloropicrine dans le local, la pénétration dans celui-ci après la désinfection sont rendues faciles par l'emploi de l'un des masques qui ont été utilisés pendant la guerre contre les gaz, et notamment par l'emploi du masque A. R. S.

Au cas où les œufs ne seraient pas détruits, la durée d'éclosion étant d'environ 8 jours, un nouveau traitement devra être effectué environ 2 semaines après le premier, pour assurer la destruction des générations nouvelles.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 25 août 1919.)

Rapport de M. *A. Lacroix*, La création d'un Conseil international de Recherches scientifiques par la Conférence des Académies alliées et associées :

Pages 346 (ligne 2 en remontant), 347 (lignes 16 et 32), 348 (ligne 7 en remontant), 350 (lignes 5 et 12), *au lieu de* Conseil, *lire* Comité.

Page 347, ligne 6, *au lieu de* dans lesquelles, *lire* par lesquelles.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* M. WILLIAM GILSON FARLOW, par M. L. MANGIN.

Un nouveau deuil vient encore de frapper l'Académie en la personne de notre Correspondant, W.-G. Farlow, professeur honoraire de Botanique cryptogamique à l'Université de Harvard.

Né le 17 décembre 1844, à Boston, M. Farlow est mort à Cambridge au début du mois de juin dernier. Il avait conquis ses grades à l'Université, lorsque Asa Gray, son professeur de Botanique, qui l'avait distingué parmi les étudiants, l'envoya en Europe vers 1873, afin de l'initier aux méthodes d'étude des Champignons inférieurs et des Algues, méthodes sinon inconnues, au moins à peine employées à ce moment aux États-Unis.

Après un court séjour en Angleterre et en Écosse, M. Farlow vint travailler au laboratoire de de Bary, à Strasbourg, à l'époque où ce savant découvrait les phénomènes d'apogamie chez les Fougères. Il termina son voyage d'études chez Gustave Thuret, à Antibes. En quittant la belle installation que les Allemands avaient réalisée à Strasbourg, M. Farlow, ignorant l'indifférence de l'Administration française vis-à-vis des Savants, croyait entrer dans un beau laboratoire dont l'existence se justifiait par les mémorables découvertes de Thuret et Bornet. Il fut tout surpris de ne trouver qu'un modeste local, privé, indépendant de l'État. Il songeait à se retirer, mais l'accueil si cordial de Thuret et de son élève et ami Bornet le retint à Antibes avec son compagnon Famintzine. C'est là qu'il se familiarisa avec l'étude des Algues et qu'il contracta avec notre illustre et

regretté confrère M. Bornet, une amitié dont la mort seule rompit les liens.

Connaissant à fond notre langue, M. Farlow aimait souvent à rappeler, dans ses conversations pleines d'humour, son trop court séjour au bord de la Méditerranée comme l'une des plus séduisantes et des plus fructueuses étapes de son voyage en Europe.

De retour à Cambridge, il fut nommé assistant de Botanique à l'Université de Harvard (1874) et, quelques années plus tard (1879), il y devint professeur de Cryptogamie.

Il s'occupa d'organiser les études qu'il devait diriger, en réunissant les documents relatifs à la Flore cryptogamique des États-Unis et en créant un laboratoire de recherches.

Comme les ressources financières de l'Université étaient insuffisantes pour l'installation du laboratoire, il donna, à Boston, des conférences payantes qui attirèrent de nombreux auditeurs.

Bientôt les collections devinrent si importantes et les étudiants si nombreux que M. Farlow fonda, à ses frais, une chaire annexe qui lui permit de dédoubler son service. Laissant à son collègue les cours et les examens, il se consacra plus spécialement au laboratoire et aux herbiers.

Il reconnut, dès son entrée en fonctions, qu'il était impossible de savoir avec certitude quelles espèces de Champignons croissaient dans l'Amérique du Nord, parce que les renseignements étaient disséminés dans une foule de publications savantes dont beaucoup difficiles à se procurer, dans les comptes rendus de divers États, dans les journaux d'horticulture et d'agriculture. Pour acquérir la moindre notion sur quelque point de la mycologie nord-américaine, il fallait dépenser un temps considérable à fouiller les grandes bibliothèques afin d'y dénicher les ouvrages rares, souvent peu connus, contenant les informations désirées.

M. Farlow entreprit alors la tâche difficile et laborieuse d'inventorier toutes les espèces de Champignons signalées dans plus de mille publications.

Il ne s'agissait pas d'une besogne de scribe que tout le monde pouvait faire, mais de la revision d'une masse énorme de matériaux, dont la connaissance précise pouvait seule donner une valeur scientifique à ce vaste dessein.

Pendant dix ans, il fit seul tout le travail; plus tard, ses occupations augmentant, il s'adjoignit des collaborateurs, dont M. Seymour est le principal. Toutefois, il se réserva la revision suprême, ainsi que l'examen des échantillons authentiques. Il est donc seul responsable de l'ouvrage.

Une œuvre aussi considérable, car elle s'étend à tout le territoire des États-Unis jusqu'à l'isthme de Panama, ne pouvait être menée à bien que par un mycologue connaissant à merveille les Champignons de son pays et familiarisé avec les espèces européennes auxquels ils doivent être comparés. La haute compétence de M. Farlow dans ce domaine était bien connue des mycologues, dont la plupart étaient en correspondance avec lui. Grâce à l'Institution Carnegie, l'impression de l'*Index bibliographique des Champignons de l'Amérique du Nord*, qui comprend environ 150000 citations, a été commencée.

Dans une publication antérieure, MM. Farlow et Seymour ont donné l'énumération et la description des Champignons parasites trouvés dans leur pays, d'après les plantes et les animaux sur lesquels ils vivent. L'utilité d'un pareil travail pour la facilité des déterminations et pour les applications pratiques n'a pas besoin d'être démontrée.

Parmi les études qu'il a poursuivies sur divers Champignons et sur quelques maladies d'origine fongique attaquant les plantes cultivées, il convient de mentionner une monographie des *Gymnosporangium* et des *Rœstelia* des États-Unis, parasites des *Juniperus* et de diverses Pomacées, au sujet desquels il institua des essais d'infection afin de déterminer, avec certitude, certaines formes que les caractères morphologiques ne suffisaient pas à faire distinguer.

L'Ouvrage intitulé *Les Algues marines de la Nouvelle-Angleterre* n'a pas seulement mis à la portée des personnes qui fréquentent les côtes des États-Unis du Nord, de New-Jersey à Eastport, le moyen de déterminer les Algues qui les peuplent, il leur a fait connaître en outre, en les introduisant dans sa Flore, les modifications apportées à la classification des Algues par les découvertes récentes. On en a profité dans d'autres pays.

Les documents publiés avant l'apparition de cet Ouvrage étaient peu nombreux. Quelques listes locales s'ajoutaient au magnifique et classique *Nereis Boreali-Americana* de Harwey, qui, s'appliquant à la flore marine des États-Unis tout entiers, était loin d'avoir épuisé la matière dans un pays encore trop peu exploré. M. Farlow visita diverses localités, depuis Eastport, à la frontière du Canada, jusqu'à Greenport, à la hauteur de New-York, et acquit ainsi la connaissance personnelle de la flore de son domaine. Il y fit des récoltes abondantes qui lui permirent de publier, avec le concours d'Anderson et de Eaton, un exsiccata des Algues de l'Amérique du Nord qui n'est pas moins remarquable par la beauté des échantillons que par l'exactitude des déterminations.

Pour les Algues comme pour les Champignons, M. Farlow était le maître auquel on avait recours, non seulement aux États-Unis, mais dans toute l'Europe. Il a été un des artisans de l'admirable essor scientifique des États-Unis. Au contraire de la tendance actuelle, qui est la spécialisation de plus en plus étroite, M. Farlow, formé à l'ancienne discipline, était seul capable de traiter les diverses branches de la Cryptogamie, et il jouissait aux États-Unis, pour la Botanique, d'une notoriété comparable à celle de M. Agassiz pour la Zoologie. M. Farlow a formé de nombreux élèves : MM. Davis, Setchell, Thaxter, Robinson, Trelease, etc., devenus à leur tour des savants éminents.

Dans le conflit qui vient de bouleverser le monde en laissant des ruines irréparables, M. Farlow avait, dès le début, pris le parti du Droit et manifesté son mépris de la duplicité allemande, son horreur des atrocités réglementées, comme tout ce qui se fait en Allemagne, avec la plus grande minutie. A plusieurs reprises, il m'envoya des chèques de 500 dollars pour soulager la détresse des veuves de jeunes savants morts au champ d'honneur, ou celle des réfugiés des départements envahis, ou enfin, au moment de l'héroïque épopée de Verdun, pour nos soldats blessés et leur famille : tout cela modestement, simplement, comme un hommage à la France, sa seconde patrie.

L'Académie adresse l'expression de sa sympathie attristée à la famille et aux amis de notre regretté Confrère.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la mesure des Classes d'Hermite de discriminant donné dans un corps quadratique imaginaire, et sur certains volumes non euclidiens* (¹). Note (²) de M. G. **Humbert**.

1. *Équation initiale.* — Une forme d'Hermite positive du corps $i\sqrt{P}$, où P est congru à 1 ou 2 (mod 4), est *réduite* si son point représentatif, dans le demi-espace, appartient au domaine fondamental, $\mathfrak{D}$, du groupe Γ que forment les substitutions $z' = (\lambda z + \mu) : (\nu z + \rho)$, les λ, μ, ν, ρ étant des entiers du corps, liés uniquement par $\lambda\rho - \mu\nu = 1$ (*groupe modulaire du corps* $i\sqrt{P}$). On ne regarde comme appartenant à $\mathfrak{D}$ qu'une partie des faces,

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 309, 360 et 407.

(²) Séance du 1er septembre 1919.

des arêtes et des sommets de $\mathfrak{D}$; de telle sorte qu'il y ait, par Classe, une et *une seule* réduite.

Soit (a, b, b_0, c), c'est-à-dire $axx_0 + bx_0y + b_0xy_0 + cyy_0$ une réduite; nous poserons $b = b_1 + ib_2\sqrt{P}$, (b_1 et b_2 entiers ordinaires, ainsi que a et c); et $\Delta = ac - b_1^2 - Pb_2^2$. Si k est le nombre des *automorphies* de la réduite, la somme $\sum\frac{1}{k}$, étendue aux réduites *proprement primitives*, de discriminant Δ donné, est la *mesure*, $M(\Delta)$, dont notre dernière Note donne l'expression; on en conclut, s étant une constante > 2, la relation

$$\sum\frac{1}{k}(ac - b_1^2 - Pb_2^2)^{-s} = \sum\frac{M(\Delta)}{\Delta^s}. \tag{1}$$

Au premier membre, la somme portera sur toutes les réduites positives (a, b, b_0, c), proprement primitives, des discriminants *premiers à* $2P$; au second, sur les entiers ordinaires positifs, Δ, *premiers à* $2P$.

Soit $\Delta = \delta^\alpha\delta'^{\alpha'}\ldots$, δ, δ' étant *premiers* (>1) et distincts; on a (dernière Note)

$$M(\Delta) = \frac{1}{8}P\Delta\prod_\delta\left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right]\prod_\varpi\left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right], \tag{2}$$

les ϖ étant les diviseurs *premiers impairs* (>1) de P.

Le produit $\prod_\varpi$ est la somme $\mathbf{S}\left(\frac{-P}{p}\right)\frac{1}{p}$, étendue à *tous* les diviseurs positifs, *impairs*, p, premiers ou non, de P, y compris 1. Le second membre de (1) s'écrit ainsi

$$\frac{P}{8}\mathbf{S}_p\left\{\sum_{\delta,\delta',\ldots;\alpha,\alpha',\ldots}\frac{1}{\delta^{\alpha(s-1)}\delta'^{\alpha'(s-1)}\ldots}\frac{1}{p}\left(\frac{-1}{p}\right)\left(\frac{\delta}{p}\right)^\alpha\left(\frac{\delta'}{p}\right)^{\alpha'}\ldots \times\left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right]\left[1 + \left(\frac{-P}{\delta'}\right)\frac{1}{\delta'}\right]\ldots\right\}. \tag{3}$$

Considérons dans $\mathbf{S}_p$ les termes qui correspondent à *p donné;* observons que celui qui provient de $\Delta = 1$ est, d'après (2), $p\left(\frac{-1}{p}\right)$, et sommons les progressions géométriques qu'on obtient en donnant à α, α', ..., les valeurs 1, 2, ..., ∞. Nous trouvons ainsi, pour (3), l'expression

$$\frac{P}{8}\mathbf{S}_p\left\{\frac{1}{p}\left(\frac{-1}{p}\right)\prod_\delta\left[1 + \left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right]\frac{\left(\frac{\delta}{p}\right)\delta^{-s+1}}{1 - \left(\frac{\delta}{p}\right)\delta^{-s+1}}\right]\right\}, \tag{4}$$

le produit $\prod_{\delta}$ s'étendant cette fois à TOUS les nombres δ, *premiers* (positifs, > 1), *premiers à* $2P$. Ce produit s'écrit d'ailleurs :

$$\prod_{\delta} \frac{1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\left(\frac{\delta}{p}\right)\frac{1}{\delta^s}}{1 - \left(\frac{\delta}{p}\right)\frac{1}{\delta^{s-1}}},$$

ou, par une transformation classique,

$$\sum \left(\frac{n}{p}\right)\frac{1}{n^{s-1}} \cdot \sum \left(\frac{-P}{n}\right)\left(\frac{n}{p}\right)\frac{1}{n^s} : \sum \frac{1}{n^{2s}},$$

n parcourant les entiers positifs premiers à $2P$.

Revenant alors à l'équation (1) et chassant le dénominateur $\sum \frac{1}{n^{2s}}$, on a

(5)
$$\sum \frac{1}{k} \frac{1}{[AC - B_1^2 - PB_2^2]^s} = \frac{P}{8} \mathop{\mathrm{S}}_{p} \left[\frac{1}{p}\left(\frac{-1}{p}\right) \sum \left(\frac{n}{p}\right)\frac{1}{n^{s-1}} \cdot \sum \left(\frac{-P}{n}\right)\left(\frac{n}{p}\right)\frac{1}{n^s}\right].$$

Au premier membre, la somme porte sur les réduites positives d'Hermite,

$$(A,\ B_1 + i\sqrt{P}B_2,\ B_1 - i\sqrt{P}B_2,\ C),$$

primitives ou non, mais propres (1), des discriminants premiers à $2P$: l'introduction des formes non primitives provient de ce que, après la multiplication par $\sum \frac{1}{n^{2s}}$, les a, b_1, b_2, c se trouvent multipliés par n, qui est premier à $2P$. Quant à k, c'est toujours le nombre des *automorphies* de la réduite $(A, \ldots, C)$. Au second membre, p et n ont été définis plus haut.

2. *Corollaire*. — En égalant, dans les deux membres de (5), les coefficients des termes en Δ^{-s}, on arrive, après quelques calculs faciles, à ce résultat :

Soit $\mathfrak{M}(\Delta)$ *la mesure des Classes d'Hermite,* PRIMITIVES OU NON, MAIS PROPRES, *de discriminant* Δ, *premier à* $2P$ *dans le corps* $i\sqrt{P}$; *on a*

$$\mathfrak{M}(\Delta) = \frac{P}{8}\left(\frac{-P}{\Delta}\right) \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right] \cdot \sum d\left(\frac{-P}{d}\right),$$

(1) C'est-à-dire que A, B_1, B_2, C peuvent avoir un diviseur (entier ordinaire) commun, mais que A et C ne sont pas pairs à la fois.

le produit $\prod_{\varpi}$ s'étendant aux diviseurs *premiers* impairs (>1), ϖ, de P, et la somme Σ à *tous* les diviseurs (positifs) d, de Δ, y compris 1.

3. *Volume non euclidien de* $\mathfrak{D}$. — Faisons, dans (5), $s = 2 + \rho$; multiplions les deux membres par ρ et égalons leurs limites pour $\rho = 0$.

Second membre. — Je dis que la limite est zéro pour tous les termes de $\underset{p}{\mathrm{S}}$, sauf pour celui qui répond à $p = 1$, ou, ce qui revient au même, qu'on a

$$\lim_{\rho=0} \rho \sum \left(\frac{n}{p}\right) \frac{1}{n^{\rho+1}} = 0.$$

Posons, en effet, $P = pp'$; soient ϖ'_1, ϖ'_2, ... les diviseurs *premiers* impairs (>1), de p'; on a

$$(6) \qquad \rho \sum \left(\frac{\nu}{p}\right) \frac{1}{\nu^{\rho+1}} = \rho \sum \left(\frac{n}{p}\right) \frac{1}{n^{\rho+1}} \prod_{\varpi'} \frac{1}{1 - \left(\frac{\varpi'}{p}\right) \frac{1}{\varpi'^{\rho+1}}},$$

ν et n parcourant *respectivement* les entiers positifs premiers à $2p$ et à $2P$. Il suffit, pour le voir, de remplacer chacune des deux sommes Σ par son expression en produit, en n'oubliant pas que P n'a pas de facteur carré autre que 1. Tout revient donc à établir que le premier membre de (6) a zéro pour limite; or, il s'écrit $\rho \sum' \left(\frac{\varepsilon p}{\nu}\right) \frac{1}{\nu^{\rho+1}}$, ε étant $+1$ ou -1 selon que $p \equiv 1$ ou $3 \pmod 4$. Mais, p étant >1 et sans diviseur carré, il résulte de l'analyse de Dirichlet que la somme Σ' a une valeur finie pour $\rho = 0$; et dès lors son produit par ρ tend vers *zéro*.

Reste donc, au second membre de (5), le terme qui répond à $p = 1$; on a pour sa limite (après multiplication par ρ), en utilisant un résultat classique de Dirichlet,

$$(7) \qquad \frac{1}{8} P^{\frac{1}{2}} \prod_{\varpi} \left[1 - \frac{1}{\varpi}\right] \sum \left(\frac{-P}{n}\right) \frac{1}{n^2},$$

ϖ désignant tout diviseur premier impair (>1) de P, et n tout entier (positif) premier à 2P. Telle est la limite, pour le second membre de (5).

Premier membre. — Nous avons à considérer les formes d'Hermite (A, ..., C), telles : 1° que, A et C n'étant pas pairs à la fois, le discrimi-

nant $AC - B_1^2 - PB_2^2$ soit premier à $2P$; 2° que la forme soit positive et réduite.

Supposons d'abord $P \equiv 1 \pmod 4$.

Il y a, *pour les parités de* A, B_1, B_2, C, si l'on veut que le discriminant soit impair et que A et C ne soient pas pairs à la fois, *six* cas possibles, comme on le voit aisément.

D'autre part, la congruence $\Delta = AC - B_1^2 - PB_2^2 \equiv 0 \pmod{\varpi}$, où ϖ désigne un quelconque des diviseurs premiers (impairs) de P, a, on le reconnaît de suite, ϖ^3 solutions en A, B_1, B_2, C; la *non-congruence* $\Delta \not\equiv 0 \pmod{\varpi}$ en a donc $\pmod{\varpi}$ $\varpi^4 - \varpi^3$; il en résulte immédiatement que le nombre des systèmes $A, \ldots, C$ distincts $\pmod P$, tels que Δ soit premier à $2P$ et A et C non pairs à la fois, est le *produit*

$$(8) \qquad 6\prod_{\varpi}(\varpi^4 - \varpi^3) \quad \text{ou} \quad 6P^4\prod_{\varpi}\left[1 - \frac{1}{\varpi}\right].$$

Considérons un quelconque de ces systèmes; nous aurons

$$(9) \quad A = \alpha + 2Pu; \quad B_1 = \beta_1 + 2Pv_1; \quad B_2 = \beta_2 + 2Pv_2; \quad C = \gamma + 2Pw,$$

les α, β_i, γ étant fixes, et u, v_1, v_2, w désignant des entiers ordinaires quelconques.

Il faut maintenant que la forme $Axx_0 + \ldots + Cyy_0$ soit positive et réduite; on aura donc d'abord $A > 0$, et l'on exprimera que le point représentatif de la forme, c'est-à-dire le point X, Y, Z, défini par

$$(10) \qquad X = -\frac{B_1}{A}; \qquad Y = -\frac{B_2}{A}\sqrt{P}; \qquad Z = \frac{\sqrt{AC - B_1^2 - PB_2^2}}{A},$$

appartient au domaine $\mathfrak{D}$, d'où certaines relations,

$$(11) \qquad G_i(X, Y, Z) \geqq 0.$$

Cela posé, A, B_1, B_2, C étant du type (9), et vérifiant (11), ainsi que $A > 0$, il faut chercher la limite, pour $\rho = 0$, de la somme

$$(12) \qquad \sum \rho \frac{1}{k}(AC - B_1^2 - PB_2^2)^{-2-\rho},$$

étendue à ces valeurs de $A, \ldots, C$. Parmi les réduites correspondantes, celles qui ont leur point représentatif *à l'intérieur* de $\mathfrak{D}$ admettent seulement *deux* automorphies ($x' = \varepsilon x$, $y' = \varepsilon y$; $\varepsilon = \pm 1$); en sorte que, pour elles, $k = 2$.

Les réduites pour lesquelles $k > 2$ ont sûrement leur point représentatif *sur la surface* de $\mathfrak{D}$; négligeons-les d'abord, ou plutôt supposons $k = 2$ pour toutes les réduites considérées.

Alors, d'après les principes de Dirichlet, la limite de (12), où $k = 2$, sera celle, pour $t = \infty$, de $T : t^2$, où T désigne le nombre de celles des réduites en question pour lesquelles on a

$$AC - B_1^2 - PB_2^2 \leqq t.$$

Posons

$$(13) \qquad \xi = \frac{A}{\sqrt{t}}, \qquad \eta_1 = \frac{B_1}{\sqrt{t}}, \qquad \eta_2 = \frac{B_2}{\sqrt{t}}, \qquad \zeta = \frac{C}{\sqrt{t}};$$

en vertu de (9), les points ξ, η_1, η_2, ζ sont, dans l'espace à quatre dimensions, les sommets d'un *réseau*, dont la *maille* est un *cube* de côté $\frac{2P}{\sqrt{t}}$; il est clair que, pour $t = \infty$, T est égal au *volume* V de la région de l'espace qu'occupent ces points, divisé par le volume de la maille, qui est $16P^4 : t^2$. La limite de la somme (12) est donc $V : 16P^4$.

La région V est définie par les inégalités

$$(14) \qquad \xi > 0, \qquad \xi\zeta - \eta_1^2 - P\eta_2^2 \leqq 1, \qquad G_i(X, Y, Z) \geqq 0,$$

X, Y, Z étant supposés remplacés par leurs expressions en $\xi, \ldots, \zeta$, déduites de (10) et (13); et l'on a

$$(15) \qquad V = \int\int\int\int_V d\xi\, d\eta_1\, d\eta_2\, d\zeta.$$

Passant des variables ξ, η_1, η_2, ζ aux variables ξ, X, Y, Z, on trouve

$$V = \int \frac{2\xi^3 Z\, d\xi}{\sqrt{P}}\, dX\, dY\, dZ,$$

le champ de cette intégrale quadruple étant défini par les inégalités

$$\xi > 0, \qquad \xi Z \leqq 1, \qquad G_i(X, Y, Z) \geqq 0.$$

Parmi les dernières, figure $Z > 0$, puisque $\mathfrak{D}$ est dans le *demi-espace supérieur*.

On en conclut, en intégrant par rapport à ξ, entre 0 et $1 : Z$,

$$V = \frac{1}{2\sqrt{P}} \int_{(\mathfrak{D})} \frac{dX\, dY\, dZ}{Z^3} \qquad \text{ou} \qquad V = \frac{1}{2\sqrt{P}}\, \mathfrak{D},$$

$\mathfrak{D}$ désignant l'intégrale qui figure au second membre, et qui est le *volume*

non euclidien du domaine $\mathfrak{V}$ dans le demi-espace de Poincaré, puisque, dans cet espace, $dX\,dY\,dZ : Z^3$ est l'élément de *volume*.

Ce calcul nous montre qu'il est inutile de se préoccuper des réduites pour lesquelles $k > 2$, car, leurs points représentatifs étant *sur* la surface de $\mathfrak{V}$, leur introduction ne changerait rien à la valeur calculée de V.

Finalement, la limite cherchée, pour le premier membre de (5), est égale, d'après ce qui précède, au produit de $V : 16P^4$ par le nombre (8); égalons-la à celle (7) du second membre, nous obtenons *l'expression* suivante de $\mathfrak{V}$ *par une série :*

$$\mathfrak{V} = \frac{1}{3} P^{\frac{3}{2}} \sum \left(\frac{-P}{n}\right) \frac{1}{n^2}, \tag{16}$$

$\mathfrak{V}$ désignant le *volume non euclidien du domaine fondamental du groupe modulaire dans le corps* $i\sqrt{P}$, et n parcourant tous les *entiers positifs premiers à* $2P$.

Même résultat si $P \equiv 2 \pmod 4$, en sorte que la formule (16) est valable pour $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$.

Domaine de Picard. — C'est celui qui répond à $P = 1$; son *volume* est donc

$$\mathfrak{V} = \frac{1}{3} \sum \left(\frac{-1}{n}\right) \frac{1}{n^2}, \tag{17}$$

n parcourant les *entiers positifs impairs*.

ASTRONOMIE. — *Travaux de La Caille* (suite) *et de ses successeurs au Collège Mazarin.* Note [1] de M. G. **Bigourdan.**

Géodésie. — Les premiers travaux connus de La Caille se rapportent à la Géodésie; nous l'avons vu, en effet, collaborant avec Maraldi en 1738 pour les côtes de France et avec Cassini III (1739...) pour la vérification de la Méridienne.

Au Cap, quand il eut terminé, et bien au delà, les observations qui étaient le but de son voyage, six mois restaient encore jusqu'à l'arrivée des vaisseaux qui devaient le ramener en Europe. Comme bien on pense, La Caille ne les passa pas dans l'inaction, mais il entreprit de mesurer un arc de méridien qui a été comme la pierre d'attente de l'arc du Cap au Caire ou même du Cap au Spitzberg.

---

[1] Séance du 7 juillet 1919.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de cette importante opération, non plus que des mesures analogues qu'il fit en France, avec d'autres membres de l'Académie, pour vérifier les opérations de Picard; on pourra voir à ce sujet : DELAMBRE, *Grandeur et figure de la Terre*, p. 63-85.

Cet arc a été vérifié et étendu. (Voir *Sir Thomas* MACLEAR, *Verification and extension of Lacaille's arc of Meridian at the Cape of Good Hope*, 2 vol. in-4°, 1866.)

Comètes. — Dans le demi-siècle qui suivit l'apparition des *Principia* de Newton (1687), Halley fut à peu près le seul à mettre en pratique les méthodes qui y sont indiquées pour calculer l'orbite d'une comète; et en France, notamment, ces calculs d'orbites furent complètement négligés jusqu'à 1743 (Maraldi II), sans doute à cause du peu de détails donnés par Halley. La Caille parvint à exposer avec clarté cette matière, jusque-là difficile, l'appuya d'exemples, et dès ce moment divers astronomes français s'adonnèrent à ces calculs. Il donna lui-même la théorie des comètes de 1744, de 1593 (calculée au moyen d'observations inédites de Tycho), de 1759 I (Halley), de 1759 II.

En publiant ses observations de la comète de Halley (*Mém. Acad.*, 1760, p. 53), il mentionne le projet qu'il avait formé de calculer à nouveau les orbites des anciennes comètes; il se proposait même de déterminer à nouveau les positions des étoiles de comparaison et leurs mouvements propres; mais, dit-il, Pingré ayant entrepris une Cométographie complète, il se regarde « comme quitte » de l'espèce d'engagement qu'il avait pris.

A propos de la comète de 1744, il rend cette justice à Cassini et à Maraldi qu'ils ont observé ces astres avec soin; mais il ajoute qu'il est impossible de calculer les orbites avec les observations telles qu'elles sont données dans *Mém. Acad.* à cause des erreurs d'impression.

Longitudes en mer. — La Caille avait utilisé ses longs voyages en mer pour étudier les méthodes propres à déterminer les longitudes par le mouvement de la Lune. Après avoir discuté chacune d'elles (*Mém. Acad.*, 1759, H. 166; M. 62), il démontre l'insuffisance du Saros proposé par Halley pour la détermination des erreurs empiriques des tables, puis il rejette la méthode des angles horaires et se prononce pour celle des distances de la Lune au Soleil, aux planètes et aux belles étoiles, qu'il regarde comme la plus sûre et la plus directe. En terminant, il donne un modèle d'almanac nautique, qui reçut son exécution, à peu près sans changement, par l'édition

du *Nautical Almanac* anglais, dont le premier volume est celui de 1767, publié l'année précédente.

Divers. — Il faut nous arrêter dans cette énumération de travaux astronomiques importants, mais nous devons citer encore : la réinvention du micromètre circulaire, peut-être l'invention du micromètre rhomboïdal, l'observation du passage de Vénus de 1761, le calcul de 1800 éclipses pour la première édition de l'*Art de vérifier les dates*, la détermination des principaux points de Paris, les éditions d'ouvrages de Bouguer, la publication d'observations du P. Feuillée, de Chazelles, des observations de la pesanteur, le catalogue des nébuleuses australes, deux Mémoires théoriques, l'un sur l'emploi des formules différentielles qu'un astronome a constamment à employer, l'autre sur la théorie générale des projections et leur application aux prédictions d'éclipses, d'occultations, etc.

Le milieu du XVIIIe siècle nous présente trois astronomes observateurs des plus éminents : Bradley, La Caille et T. Mayer. Moins heureux que le premier, à jamais illustre par la découverte de l'aberration et de la nutation, et par sa belle série d'observations stellaires, La Caille se place au moins à côté de lui par la profondeur des connaissances, par son ingéniosité à lutter contre les obstacles et par l'immensité de ses travaux, exécutés avec des moyens beaucoup plus modestes.

Pour juger de l'importance d'une partie seulement de ses travaux du Cap, il suffit de rappeler le soin que les étrangers ont pris de les perfectionner, comme nous l'avons indiqué, pour ses catalogues, pour son arc de méridien et pour la détermination de la réfraction.

Il a donné l'exemple d'une publication immédiate, régulière et détaillée de ses observations, ainsi que de tous les éléments nécessaires pour vérifier les résultats qu'il présente ; et, sous un climat parfois décrié, il a montré qu'il offre assez de beau temps pour qu'un observateur assidu puisse mourir de fatigue. Ses contemporains nous disent qu'il était en outre réservé, modeste, avant tout ami de la vérité jusqu'à l'imprudence; et ils rappellent divers traits bien connus de désintéressement. Aussi le considère-t-on à bon droit comme le modèle des astronomes, et l'on a pu dire de lui, comme Pline du grand Hipparque, *numquam satis laudatus*.

LES SUCCESSEURS DE LA CAILLE AU COLLÈGE MAZARIN.

Après la mort de La Caille, l'Observatoire du Collége, dépendance de sa chaire, échut à l'abbé Marie (¹), son successeur.

Les instruments appartenaient en partie à l'Académie, en partie à La Caille : ceux-ci furent rachetés aux héritiers, sans doute sur les fonds de l'Académie, et Lalande obtint la disposition de tous.

Après entente, Observatoire et instruments furent laissés en l'état, et dès lors Lalande et Marie, qui paraissent avoir eu les mêmes droits sur l'ensemble, y reprirent les observations interrompues depuis quatre années (²).

A partir de ce moment, diverses observations, dont nous parlerons plus loin, y furent faites par Marie (³). Quant à Lalande, surchargé sans doute d'occupations, et qui n'a jamais beaucoup observé lui-même, il se fit remplacer par des élèves, là et ailleurs. Peu après, en effet, il commença de disposer plusieurs Observatoires (⁴) (ceux de la place du Palais-Royal, du Collége Royal, de l'École militaire) et il ne pouvait que diriger le travail, dont le programme se trouva ainsi être le même dans ces divers Observatoires :

Phénomènes accidentels (écl. ☉, ☾, Sat. ♃, Occult.) et observations méridiennes de ☉, ☾, des planètes, principalement dans les oppositions et conjonctions, rapportés à quelques belles étoiles.

C'est d'ailleurs ce même programme que suivaient également les autres astronomes de Paris en dehors de ceux qui, comme La Caille, avaient

---

(¹) *Joseph-François* MARIE (Rodez, 1738 novembre 15 — † Mittau 1799, d'après Lalande, ou Memel, 1801 février 25, d'après d'autres), abbé, de la maison de Sorbonne, censeur royal, etc., fut nommé, en 1782, sous-précepteur des fils du Comte d'Artois, plus tard Charles X; à la Révolution, il suivit ses élèves dans l'émigration.

Il a publié un *Traité de Mécanique*, Paris, 1774, in-4°, remarquable par des Notes anonymes de Legendre, et donné de nouvelles éditions de quelques Ouvrages de La Caille.

(²) Lalande datait du 15 mars 1766 l'époque où il disposa de cet observatoire.

(³) Voici les observations publiées que nous connaissons de Marie : 1768 décembre 23 : passage méridien de ☾. — 1769 juin 3 : passage de ♀ ; — 1769 juin 4 : *écl.* ☉. — 1782 novembre 12 : passage de ☿. Voir respectivement pour les détails : *Mém. Acad.*, 1769, 63; — H. 94 et M. 417; — H. 99 et M. 426; — 1782, 207.

(⁴) Nous donnerons ici une liste que nous citerons plusieurs fois, sous le nom d'ÉTAT des instruments de Lalande :

entrepris des travaux spéciaux. Quand on employait la lunette méridienne, on déterminait sa déviation par les hauteurs correspondantes.

M. YVES DELAGE fait hommage à l'Académie de la vingt-deuxième année (1917) de l'*Année biologique*.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Plusieurs brochures de MM. MOISÉS S. BERTONI et A. DE WINKELRIED BERTONI relatives à la *Description physique et économique du Paraguay*.

MM. L. CAMUS, L. CHEVREUIL, ROBERT LÉVY, H. OLLIVIER, ROUVILLOIS, SOMMELET, G. SUGOT adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

« *État des instrumens qui ont été confiés par l'Académie à différens astronomes, d'après les récépissés qui s'en trouvent dans les papiers de Lavoisier.*

. . . .

Au Cen Lalande.

1. Un secteur de 6 pieds de rayon, dont se servait La Caille et qui est au Collége national [Collége de France].
2. Un sextant de 6 pieds dont se servait La Caille et qui est au collége Mazarin.
3. Un quart de cercle de 3 pieds qui est à l'École militaire.
4. Une lunette achromatique de Dollond de 40 lignes d'ouverture.
5. Deux lunettes méridiennes, l'une au collége national (la plus petite), l'autre au collége Mazarin.
6. Un quart de cercle mural, dont se servait Fouchy, au collége national.
7. Un quart de cercle de 20 pouces dont se servait Camus, qui est chez le Cen Delambre, rue de Paradis.
8. Trois pendules à seconde, — une au collége national de Julien Leroy, avec verge de compensation, — une au collége Mazarin à verge simple, — et une à l'École militaire de Lepaute, à verge de compensation.
9. Deux machines parallactiques en bois de 2 pieds chacune, avec lunette achromatique de 2 ½ pieds et un réticule rhomboïde.
10. Deux micromètres, l'un à grande vis fait en 1753, qui a 9 pouces de hauteur,

ALGÈBRE. — *Élimination d'une inconnue entre trois équations algébriques.* Note (¹) de M. STUYVAERT.

Nous avons consacré à cette question un article dans l'*American Journ. of Mathem.*, 1915, à l'occasion d'un travail de L.-L. Dines, dans le même Recueil. Notre exposé s'arrête longuement au cas de deux équations, tandis que la généralisation est un peu écourtée. Nous demandons la permission d'y revenir avec plus de détail, en raison de l'importance de la question (²).

---

l'autre de Meignier [Mégnié] à cadran d'émail, qui a 4 pouces de hauteur, une lunette de 9 pieds pour recevoir le grand micromètre.

11. Un héliomètre appliqué à une lunette de 18 pouces [18 pieds], au collège Mazarin.
12. Un vieux sextant de fer, de 3 pieds de rayon, au collège Mazarin.
13. Une toise divisée avec son étalon et son étui, confiée par le Cen Tillet.
14. Une pendule retirée à la mort du Cen Legentil.
15. Une lunette achromatique sur son pied, dont le prix lui a été payé par l'Académie, et qui doit lui avoir été laissée par l'artiste.
16. Un cercle astronomique, construit par Lenoir, qui a été payé sur les fonds de l'Académie et qui doit être incessamment terminé.
17. Une lunette méridienne qui a été payée sur les fonds de l'Académie.
18. La [?] pendule invariable de la Condamine, dont le Cen Lalande se trouve chargé par sa reconnaissance, mais qu'il paraît avoir remis à Dagelet lors de son départ pour le tour du monde.
19. Cinq toises de fer enchâssées dans du bois qui ont été étalonnées pour la mesure de la base de Villejuif sur la toise originale du Nord et qui ont été trouvées chez M. Bouguer.

Le tout sans préjudice des instruments qui sont dans l'observatoire de l'École militaire et qui appartiennent à cet établissement, savoir :

[20]. Un grand mural de 8 pieds;
[21]. Un secteur de 4 pieds;
[22]. Deux lunettes méridiennes;
[23]. Une lunette achromatique avec sa machine parallactique et son micromètre. »

(¹) Séance du 25 août 1919.

(²) Dans les questions d'analyse, de géométrie ou de mécanique exigeant l'élimination d'un paramètre entre trois équations, il ne suffit pas, comme beaucoup d'auteurs l'affirment erronément, de combiner ces équations deux à deux (même de toutes les manières), car il se peut que F_1 et F_2 aient un commun diviseur f, F_2 et F_3 un diviseur g, F_1 et F_3 un diviseur h sans que les trois polynomes aient un diviseur commun. Par exemple, $x = t(t-1)$, $y = t(t-2)$, $z = t(t-1)(t-2)$, représente une conique ne passant pas par l'origine, bien que les trois cylindres projetants passent par l'origine. Même remarque pour plus de trois équations.

Soient trois polynomes

$$\left.\begin{aligned} F &= a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \ldots + a_m \\ G &= b_0 x^n \;+ b_1 x^{n-1} + \ldots + b_n \\ G' &= c_0 x^{n'} + c_1 x^{n'-1} + \ldots + c_{n'} \end{aligned}\right\} \quad (m \geqq n \geqq n').$$

Prenons un polynome inconnu P de degré h quelconque, et des polynomes inconnus Q, Q′ de degrés respectifs $m+h-n$, $m+h-n'$.

Les conditions (C) pour l'existence d'une identité

$$FP + GQ + G'Q' \equiv 0$$

sont linéaires et au nombre de $m+h+1$ entre

$$h + 1 + (m + h - n + 1) + (m + h - n' + 1) = 2m - n - n' + 3h + 3$$

inconnues homogènes, savoir les coefficients de P, Q, Q′, et la matrice des coefficients de ces inconnues est

$$M = \left\| \begin{array}{ccc|ccc|ccc} a_0 & & & b_0 & & & c_0 & & \\ a_1 & a_0 & & b_1 & b_0 & & c_1 & c_0 & \\ \cdot\cdot & a_1 & \ldots & \cdot\cdot & b_1 & \ldots & \cdot\cdot & c_1 & \ldots \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \ldots & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \ldots & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \ldots \\ a_m & \cdot\cdot & \ldots & b_n & \cdot\cdot & \ldots & c_{n'} & \cdot\cdot & \ldots \\ & a_m & \ldots & & b_n & \ldots & & c_{n'} & \ldots \\ \multicolumn{3}{c|}{\underbrace{\qquad\qquad}_{h+1 \text{ col.}}} & \multicolumn{3}{c|}{\underbrace{\qquad\qquad}_{m+h-n+1}} & \multicolumn{3}{c}{\underbrace{\qquad\qquad}_{m+h-n'+1}} \end{array} \right\| \; m+h+1 \text{ lignes.}$$

THÉORÈME I. — *Si* F, G, G′ *sont sans diviseur commun en* x, *si l'on n'a pas* $a_0 = b_0 = c_0 = 0$, *et si l'on suppose* h *au moins égal à* $n'-1$, *la matrice* M *a son rang maximé* (en d'autres termes, M n'est pas nulle).

En effet, choisissons deux polynomes,

$$\varpi = \varpi_0 x^{m-n} + \varpi_1 x^{m-n-1} + \ldots, \qquad \varpi' = \varpi'_0 x^{m-n'} + \varpi'_1 x^{m-n'-1} + \ldots,$$

tels que $a_0 + \varpi_0 b_0 + \varpi'_0 c_0$ soit différent de zéro et qu'en même temps le résultant de $F + \varpi G$ et G′ soit distinct de zéro. D'après un théorème connu, on peut satisfaire à ces deux conditions, même par des valeurs entières de ϖ'_0 et des coefficients de ϖ, car elles ne sont pas vérifiées par toutes les valeurs de ces coefficients.

Effectivement, $a_0 + \varpi_0 b_0 + \varpi'_0 c_0$ n'est pas toujours nul, puisque, par hypothèse, a_0, b_0, c_0 ne sont pas tous nuls. Et le résultant de $F + \varpi G$ et de G′ ne s'évanouit pas, quel que soit ϖ; en effet, d'une part, les premiers coefficients de $F + \varpi G$ et G′ ne sont pas toujours nuls; et, d'autre part,

ces deux polynomes n'ont pas, quel que soit ϖ, un plus grand commun diviseur D en x, car D divisant G′ serait indépendant des ϖ_i et, en posant $F + \varpi G = D\varphi$, on aurait une relation identique entre deux fonctions de ϖ_0, ϖ_1, ..., x, fonctions qui, égalées terme à terme, montrent D divisant séparément F et G; ceci contredit notre hypothèse suivant laquelle F, G, G′ n'ont pas de diviseur commun en x.

Les polynomes ϖ et ϖ' ayant été choisis comme il vient d'être dit, $F + \varpi G + \varpi' G'$ et G′ n'ont pas de diviseur commun en x, car un tel facteur diviserait $F + \varpi G$ et G′. De plus, $F + \varpi G + \varpi' G'$ et G′ n'ont pas leurs premiers coefficients tous deux nuls.

Si donc, contrairement à notre thèse, la matrice M pouvait être nulle, il en serait de même de cette matrice, transformée par addition de colonnes, de manière à s'appliquer aux trois polynomes $F + \varpi G + \varpi' G'$, G et G′.

Or, si $h \geqq n' - 1$, la matrice partielle N, obtenue en effaçant, dans M transformée, les colonnes relatives à G, a au moins autant de colonnes que de lignes, car alors

$$m + 2h - n' + 2 \geqq m + h + n' - 1 - n' + 2 = m + h + 1;$$

les déterminants les plus élevés qu'on en peut extraire s'obtiennent par suppression de colonnes et sont nuls si $M = 0$; et si N est carrée, elle est un de ces déterminants. Mais l'évanouissement de N est en contradiction avec ce que nous avons établi, dans notre article cité, pour deux polynomes $F + \varpi G + \varpi' G'$ et G′ qui n'ont pas de diviseur commun, ni leurs premiers coefficients nuls.

Théorème II. — *Si* F, G, G′ *rendus homogènes ont un plus grand commun diviseur de degré* α *et si* $h \geqq n' - \alpha - 1$, *la matrice* M *est de rang* $m + h + 1 - \alpha$.

Les quotients f, g, g' de F, G, G′ par leur plus grand commun diviseur sont de degrés $m - \alpha$, $n - \alpha$, $n' - \alpha$ et n'ont pas leurs premiers coefficients nuls. Alors le nombre $m + h + 1 - \alpha$ des conditions (C) relatives à f, g, g' est inférieur, de l unités par exemple, au nombre $2m - n - n' + 3h + 3$ d'inconnues, car h étant un entier, positif ou nul, supérieur à $n' - \alpha - 2$, on a aussi $2h > n' - \alpha - 2$, d'où

$$\begin{aligned} 2m - n - n' + 3h + 3 &> 2m - n - n' + h + n' - \alpha - 2 + 3 \\ &= m + h + 1 - \alpha + (m - n), \end{aligned}$$

et cette dernière expression est supérieure à $m + h + 1 - \alpha$.

Ainsi les identités $fP + gQ + g'Q' \equiv 0$ sont possibles de ∞^l manières, car il y a l inconnues de plus que d'équations et la matrice des coefficients n'est pas nulle, attendu que le théorème I est applicable aux polynomes f, g, g', puisque ceux-ci sont sans diviseur commun et que $h \geqq n' - \alpha - 1$.

Or toute identité $fP + gQ + g'Q' \equiv 0$ en donne une $FP + GQ + G'Q' \equiv 0$ et *vice versa;* donc ces dernières sont possibles de ∞^l manières et la matrice M concernant F, G, G′ est de rang

$$2m - n - n' + 3h - 3 - l = m + h + 1 - \alpha.$$

Réciproque des théorèmes I et II. — *Si la matrice* M *est de rang*

$$m + h + 1 - \alpha$$

et si $h \geqq n' - 1$, *les polynomes, rendus homogènes, ont un plus grand commun diviseur d'ordre* α *en* x.

En effet, les polynomes ont un diviseur commun en x, car s'ils n'en avaient pas, comme $h \geqq n' - 1$, le théorème I serait applicable et M serait non nulle, contre l'hypothèse.

Si le plus grand commun diviseur est d'ordre β, comme $h \geqq n' - 1$ et *a fortiori* $\geqq n' - \beta - 1$, le théorème II est applicable et le rang de M est $m + h + 1 - \beta$, d'où $\beta = \alpha$.

Remarques. — I. Pour $h = n' - 1$, on a la matrice la plus utile pour les applications; on peut l'appeler *matrice résultante.*

II. L'extension à plus de trois polynomes se fait par induction complète.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la solution principale d'une certaine équation aux différences finies.* Note (¹) de **M. N.-E. Nörlund**, transmise par M. Appell.

1. Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 18 août 1919, j'ai étudié l'équation

$$G(x + \omega) + G(x) = 2\varphi(x), \tag{1}$$

$\varphi(x)$ étant une fonction qui admet une dérivée d'ordre m telle que la série

$$\sum_{s=0}^{\infty} (-1)^s \varphi^{(m)}(x + s\omega)$$

(¹) Séance du 25 août 1919.

converge uniformément. J'ai défini la solution principale $G(x|\omega)$ par une limite double qu'on peut, par exemple, écrire comme il suit :

$$(2) \qquad G(x|\omega) = 2\lim_{\eta=0}\sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s\varphi(x+s\omega)e^{-\eta s}.$$

Cette limite est égale à la somme de la série

$$(3) \qquad 2\sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s\varphi(x+s\omega),$$

si elle converge. Mais, le plus souvent, cette série diverge. Pourtant la limite (2) existe toujours et elle définit une solution de l'équation (1) qui est une fonction continue de x et de ω, tant que ω reste positif. Mais, considérée comme fonction de ω, elle admet, en général, le point $\omega = 0$ comme point singulier. Pourtant, quand ω tend vers zéro par des valeurs positives, $G(x|\omega)$ tend toujours vers une limite et l'on a

$$\lim_{\omega=0} G(x|\omega) = \varphi(x).$$

On peut indiquer d'une manière plus précise comment se comporte notre solution au voisinage du point $\omega = 0$. De ce qui a été dit dans la Note susdite il résulte qu'elle se développe suivant les puissances de ω de la manière suivante :

$$(4) \qquad G(x|\omega) = \sum_{\nu=0}^{m-1}\varphi^{(\nu)}(x)\frac{C_\nu}{\nu!}\left(\frac{\omega}{2}\right)^\nu + R_m.$$

En général cette série sera divergente, mais elle est une série asymptotique en ω. *Elle représente la solution principale asymptotiquement pour les valeurs positives et très petites de* ω.

La série (4) possède encore une autre propriété remarquable. Soit maintenant ω un nombre fixe. Quand x tend vers l'infini, la fonction $G(x|\omega)$ ne tend, en général, vers aucune limite. Mais on démontre que le terme reste R_m de la série (4) tend vers zéro quand x tend vers l'infini. La série (4) nous donne donc un renseignement très précis sur la manière dont se comporte $G(x|\omega)$ pour les valeurs positives et très grandes de x.

2. De l'expression (2) on peut déduire deux autres expressions qui représentent la même fonction et qui sont d'une application plus facile.

Soit h un nombre tel que $0 \leqq h \leqq \omega$. On démontre que

$$G(x \mid \omega) = \lim_{p=\infty} \left[2\sum_{s=0}^{p-1} (-1)^s \varphi(x + s\omega) + (-1)^p \sum_{\nu=0}^{m-1} \frac{E_\nu(h \mid \omega)}{\nu!} \varphi^{(\nu)}(x - h + p\omega) \right].$$

D'autre part, la somme de la série divergente (3) peut se représenter par une série convergente. On trouve

$$G(x + h \mid \omega) = \sum_{\nu=0}^{m-1} \frac{E_\nu(h \mid \omega)}{\nu!} \varphi^{(\nu)}(x) + 2\sum_{s=0}^{\infty} (-1)^s [\varphi(x + h + s\omega) - p(x + s\omega)],$$

où l'on a posé

$$p(x) = \sum_{\nu=0}^{m-1} \frac{E_\nu(h \mid \omega)}{\nu!} \frac{\varphi^{(\nu)}(x + \omega) + \varphi^{(\nu)}(x)}{2}.$$

Si l'on pose $h = 0$ ou $h = \frac{\omega}{2}$ ces deux expressions se simplifient.

3. Voici enfin une autre série convergente d'une nature bien différente. En désignant par $\Delta_\omega \varphi(x)$, $\Delta_\omega^2 \varphi(x)$, ... les différences successives, formées avec l'intervalle ω, on déduit de l'expression (2) que

$$G(x \mid \omega) = \sum_{s=0}^{\infty} (-1)^s \left(\frac{\omega}{2}\right)^s \Delta_\omega^s \varphi(x).$$

4. La fonction $G(x \mid \omega)$ peut se représenter par une série trigonométrique de la forme

$$(5) \qquad G(x \mid \omega) = \sum_{s=0}^{\infty} \left(a_{2s+1} \cos \frac{(2s+1)\pi x}{\omega} + b_{2s+1} \sin \frac{(2s+1)\pi x}{\omega} \right).$$

Ce développement est valable dans l'intervalle $x_0 < x < x_0 + \omega$, si l'on détermine les coefficients comme il suit :

$$a_s = \frac{4}{\omega} \lim_{\eta=0} \int_{x_0}^{\infty} \cos \frac{\pi s z}{\omega} \varphi(z) e^{-\eta z} dz, \qquad b_s = \frac{4}{\omega} \lim_{\eta=0} \int_{x_0}^{\infty} \sin \frac{\pi s z}{\omega} \varphi(z) e^{-\eta z} dz.$$

On démontre aisément que ces deux limites existent. On peut aussi exprimer les coefficients par la somme d'un nombre fini de termes et une intégrale convergente. On trouve par exemple, si m est pair,

$$\frac{\omega}{4} a_s = -\sum_{\nu=0}^{m-1} \left(\frac{\omega}{\pi s}\right)^\nu \varphi^{(\nu)}(x_0) \sin \left(\frac{s x_0}{\omega} + \frac{\nu}{2}\right) \pi + (-1)^{\frac{m}{2}} \left(\frac{\omega}{\pi s}\right)^m \int_{x_0}^{\infty} \varphi^{(m)}(z) \cos \frac{\pi s z}{\omega} dz.$$

Il convient de remarquer que la série (5) admet la période 2ω, mais elle représente la fonction du premier membre seulement dans un intervalle de longueur ω.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les effets transversaux du retrait dans les ouvrages en béton armé.* Note (1) de M. G. GUILLAUMIN, présentée par M. Boussinesq.

I. Le retrait du béton, pendant le durcissement à l'air des ouvrages en béton armé, a pour effet, comme l'a montré M. Vasilesco Karpen (2), de presser les armatures contre leur gaine de béton et, par conséquent, de créer une adhérence. En même temps, il se développe, dans les sections transversales de la gaine, des tensions T dirigées suivant les circonférences des différentes couches concentriques. Ce sont là des effets du retrait qu'on peut appeler *transversaux*, par opposition avec les *effets longitudinaux* signalés et discutés depuis longtemps, notamment, ici même, par Considère (3).

On se rendra aisément compte que le calcul présenté par M. Vasilesco Karpen conduit à admettre que les tensions T puissent atteindre et dépasser 100 kg : cm². Ce calcul a donc besoin de subir une rectification que nous avons faite en partant de la loi de l'*étirage*, d'après laquelle le coefficient d'élasticité du béton à l'extension s'annule dès que l'allongement atteint une limite ε voisine de 10^{-4}.

Gardant les notations et les données numériques de notre première Note et ne tenant pas compte des déformations longitudinales, on démontre que l'effort normal R_0 de contact entre les deux matériaux, qui est ici une pression, ne peut jamais dépasser la limite suivante, obtenue quand toute la gaine de béton est étirée circulairement :

$$R_0 = -\frac{\varepsilon E}{r_0}\int_{r_0}^{r_1}\frac{dx}{1+\eta\dfrac{r_1^2-x^2}{r_1^2+x^2}} = -\frac{\varepsilon E}{1+\lambda\eta}\left(\frac{r_1}{r_0}-1\right) \qquad (0<\lambda<1),$$

soit très sensiblement $-\varepsilon E\left(\dfrac{r_1}{r_0}-1\right)$ à cause de la faible valeur de η.

(1) Séance du 1er septembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 21.

(3) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 467; t. 158, 1914, p. 1550 et 1756.

Pour $\frac{r_1}{r_0} = 2$, par exemple, on trouve $R_0 = -20$ kg : cm² (au lieu de 50^{kg} environ dans la théorie de M. Vasilesco Karpen). On voit l'intérêt qu'il y a à augmenter l'épaisseur de béton, laissée entre les armatures et les parements des ouvrages, à raison du diamètre des fers.

II. Dès que la valeur moyenne de $\frac{r_1}{r_0}$ est un peu forte, on peut supposer, sans erreur sensible, que l'épaisseur de la gaine de béton est indéfinie. Soit alors η' la valeur du rapport de la contraction transversale à la dilatation longitudinale pendant la période d'étirage et de fissuration du béton. On trouve, pour déterminer la pression de serrage $- R_0$, correspondant à un retrait donné, les équations suivantes, dans lesquelles ρ désigne le rapport entre le rayon extérieur de la couche étirée et r_0 :

$$\frac{c(1+\eta)}{\varepsilon} + 1 - \eta - \frac{1-\eta_1}{m} + 2\rho\left(\frac{\rho^{\eta'}-1}{\eta'} + \eta + \frac{1-\eta_1}{m}\right) = 0,$$

$$R_0 = -\frac{\varepsilon E}{1+\eta}(2\rho - 1).$$

Pour $c = -0,00045$ (c'est à peu près la limite du retrait à l'air sec), on obtient, quel que soit η', mal connu mais très petit, une pression de contact toujours voisine de 60^{kg}, qui correspond à une adhérence tangentielle de 42 kg : cm² environ (au lieu de 52^{kg} comme le donnerait le calcul de M. Vasilesco Karpen).

Les déformations longitudinales ont d'ailleurs pour effet, comme nous l'avons vu dans notre précédente Note, d'augmenter légèrement ces chiffres. Quant à la couche de béton étirée circulairement, elle a à peu près comme épaisseur le rayon de l'armature ($\rho = 2$). Dans le cas du durcissement sous l'eau, nous avons montré qu'au contraire il tend à se former une gaine de béton étirée radialement.

III. Les résultats numériques indiqués ci-dessus peuvent-ils être considérés comme l'expression approchée de la réalité ? Il serait bien hasardeux de l'affirmer. Considère (¹) a fait valoir les motifs pour lesquels il paraissait difficile de calculer, avec une certaine rigueur, les effets longitudinaux du retrait. A ces motifs, qui valent également pour les effets transversaux, on peut ajouter les suivants :

(¹) *Loc. cit.*

1° En pratique, les changements de volume du béton, conséquences du durcissement, se continuent longtemps après la mise en service; à partir de ce moment, les efforts alternatifs, auxquels sont soumises les pièces, viennent compliquer, comme on sait, les phénomènes;

2° On doit en outre admettre, d'après les travaux de M. Marcel Brillouin et de M. Bouasse, notamment, que des déformations qui mettent plusieurs années à se manifester ne sont pas liées aux efforts qu'elles engendrent par les lois simples appliquées usuellement (1);

3° Enfin, M. Féret a montré (2) à quelles grosses inégalités de toutes sortes les manifestations de l'adhérence étaient sujettes, pour de nombreuses raisons dont la moindre n'est pas la grande hétérogénéité du béton.

Dans tous les cas, on voit que les ouvrages en béton armé se trouvent, au moment où, ayant fait prise, ils sont mis en service ou expérimentés, dans un état élastique déjà très complexe qui n'est pas pour faciliter les calculs pratiques ou les interprétations des mesures expérimentales.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Borrelly* (1919 *c*) *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. P. **Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	Temps moyen de Besançon.	ΔÆ.	ΔDP.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Août 25..	9.14.52	+1.26,31	+ 8. 8,7	12 : 9	14. 7.29,26	9,641	63.54.26,6	$0,725_n$	*a*
» 27..	9. 4.15	−0.39,13	+ 5.52,2	12 : 9	14.10.37,20	9,636	64.42.35,7	$0,724_n$	*b*
» 28..	9.13. 1	−1. 8,40	− 0.36,1	9 : 6	14.12.13,99	9,638	65. 7. 3,0	$0,736_n$	*c*

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne. 1919,0.	Réduction au jour.	DP moyenne. 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a.........	8,1	14. 6. 1,11	+1,84	63.46.17,6	+ 0,3	A.G. Cambridge (E), 6734
b.........	9,0	14.11.14,48	+1,85	64.36.43,3	+ 0,2	id. 6763
c.........	9,0	14.13.20,53	+1,86	65. 7.38,9	+ 0,2	id. 6780

Remarques. — Cette comète, estimée de 10e grandeur, est relativement lumineuse;

(1) Ce motif a d'autant plus de valeur qu'à bien des égards le béton jeune a des propriétés analogues à celles des métaux non écrouis.

(2) *Étude expérimentale du ciment armé.*

elle est ronde, mesure 2′ de diamètre et a une condensation centrale, nébuleuse, mais bien définie. Absence de queue.

Le 28 août l'observation est faite pendant un fort vent du Sud-Ouest qui fait trépider la lunette.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Borrelly, Kopff et Metcalf faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. J. GUILLAUME, transmise par M. B. Baillaud.

Dates 1919.	Temps moyen de Lyon.	Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★
				COMÈTE BORRELLY.					
Août 28..	9h 1m 42s	−0m 19s,27	−2′56″,3	8:8	14h 12m 15s	+9,647	24°53′0″	+0,713	*a*
				COMÈTE KOPFF (¹).					
Août 28..	9h 54m 48s	−0m 2s,63	+4′53″,4	8:8	19h 32m 50s,70	+8,919	−8°9′7″,3	+0,849	*c*
				COMÈTE METCALF.					
Août 28..	10h 53m 13s	+0m 33s,88	+1′27″,9	8:8	22h 23m 46s,72	−9,213	44°17′1″,0	+9,562	*d*

Positions des étoiles de comparaison.

★.	α moyenne. 1919,0.	Réduction au jour.	δ moyenne. 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
a........	14h 12m 32s	+1s,85	24°55′56″	−0″,2	Anonyme 10e rapportée à *b*
b........	14.13.20,53	»	24.42.21,1	»	A.G. Cambridge, 6780
c........	19.32.49,20	+4,13	−8.14.17,9	+17,2	A.G. Vienne-Ott., 6838
d........	22.23.10,02	+2,82	44.15.21,6	+11,5	A.G. Bonn, 16728

Remarques. — Le 28 août, l'état de définition des images est très mauvais, des coups de vent du Sud impriment au bras de l'instrument des déplacements de plus de 20″, gênant les mesures en Δα et empêchant de rapporter convenablement l'étoile *a* à l'étoile *b*. (De nombreux éclairs diffus à l'horizon, de l'Ouest au Nord, signalent des foyers orageux violents.) Des trois comètes, celle de Borrelly est la plus facile à observer : c'est une nébulosité circulaire d'environ 50″ de diamètre, avec condensation centrale; son éclat total est de 9e grandeur. La comète Kopff se discerne assez

(¹) Une erreur de plume sur l'Æ de l'étoile *b* du 7 août fait que les positions en α de cette étoile, de l'étoile *a* et de la comète, données page 276 du présent Volume des *Comptes rendus*, doivent être corrigées de −0s,40. J. G.

mal : nébulosité sensiblement circulaire, d'environ 20″ de diamètre; éclat total $10^e,5$. La comète Metcalf, vue avec un faible grossissement, paraît de 8e grandeur : vaguement circulaire, d'environ 2′ de diamètre, avec faible condensation et peut-être un très petit noyau stellaire excentré; elle se discerne assez mal au micromètre et les pointés sont difficiles.

PHYSIQUE. — *Éther et Mécanique absolue des ondulations.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. E. Goursat.

Nous rejetons toute hypothèse *a priori* sur les lois ondulatoires de l'éther. Les bases de notre théorie sont les *lois extérieures* suivantes :

I. La géométrie euclidienne et la relativité réelle de la dynamique newtonienne de la matière sont admises comme *rigoureuses*.

II. La relativité de la radiation est une loi *purement extérieure*, limitée aux *effets* de l'*énergie moyenne ou totale* de radiation, sur nos sens ou sur des récepteurs incapables de nous révéler la structure ondulatoire absolue et intérieure de la radiation.

La relativité extérieure de la radiation est supposée *semblable* à la relativité newtonienne de la matière.

Le développement de cette idée générale conduit à justifier *l'entraînement complet de la distribution de l'énergie de radiation dans le temps absolu* des *horloges newtoniennes molaires et dans l'espace de référence solide* S *invariable newtonien*, où la source *s* de radiation élémentaire, le récepteur matériel *r* et les divers milieux ou instruments matériels utilisés par l'observateur sont dépourvus de tout mouvement relatif et invariablement liés au support solide invariable de S.

Cette *liaison dynamique de la matière* de la source *s* en translation et de l'*énergie de radiation* prolonge, dans tout le champ S, la dynamique newtonienne comme loi purement extérieure. Le récepteur *r*, supposé *un pur récepteur d'énergie totale ou moyenne*, est incapable de révéler aucune trace de l'état de *translation uniforme et rectiligne permanente* de l'ensemble du champ, privé de tout mouvement intérieur relatif molaire.

III. La loi newtonienne la plus fondamentale des champs de radiation est la suivante : Le *temps de radiation* absolu employé par l'*énergie* pour parcourir le nombre de divisions l d'une règle liée à S est $\frac{l}{C}$, où C est supposé isotrope et égal à une constante absolue dans le vide (3×10^{10} cm : sec).

La méthode des éclairs ou signaux croisés d'énergie permet, *sans aucune correction*, de vérifier l'heure absolue d'horloges molaires qu'on a construites identiquement, réglées au contact dans S et amenées lentement en divers points de S, tels que *s*, source élémentaire, et *r*, point sensible du récepteur.

Les surfaces d'énergie sont ainsi des *sphères*, à chaque instant centrées exactement sur la source *s* et restent telles dans tout régime permanent de translation uniforme.

La méthode de Rœmer ne permettra donc pas de déduire de l'observation des satellites de Jupiter un *temps de lumière* affecté d'une variation de l'ordre de la vitesse absolue de translation de Jupiter dans l'espace, comme le voudraient les anciennes théories de l'éther.

A l'extérieur d'un tube à rayons positifs de Sir Joseph Thomson (rayons-canaux de Goldstein, afflux cathodique de P. Villard), la lumière supposée émise par *éclairs périodiques* fournira, d'après la théorie, une vitesse relative $C\left(1 \pm \frac{\delta\lambda}{\lambda}\right)$, pendant qu'un spectroscope isolera dans la même direction la lumière de la raie, déplacée par l'effet de Fizeau et Stark, et pourra mesurer la variation relative $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ de longueur d'onde de la radiation utilisée pour la mesure. Si cette expérience réussit à montrer cette variation, assez abordable par les techniques actuelles dans le cas de l'hydrogène excité par les rayons positifs, les théories modernes de la relativité lorentzienne ou de la relativité générale d'Einstein en seront bouleversées.

IV. Nous admettons qu'il existe des *liaisons réelles* permettant de passer de la relativité newtonienne de l'énergie aux lois ondulatoires intérieures des trains de radiation : ces liaisons sont définies par les *lois de superposition des petits mouvements ondulatoires simples* telles que nous ont appris à les appliquer Fresnel, Fourier, Sir George Stokes, Gouy, Lord Rayleigh, A. Schuster, etc.

Voici la *théorie de la première liaison de l'éther et de la matière* qui correspond à la similitude newtonienne des temps dynamiques de la matière et de la radiation : nous avons admis que la vitesse U de l'énergie est, dans le champ S_u, une constante universelle C. La liaison nouvelle va rattacher cette constante newtonienne aux éléments anisotropes ondulatoires intérieurs : la longueur d'ondulation absolue $\mu(u, \alpha)$, et la vitesse de propagation des ondes, ou vitesse de propagation $V(u, \alpha)$ de la phase mesurée en *temps absolu* newtonien dans le système de référence S de la source *s* en

translation rectiligne et uniforme. Les longueurs parcourues et la longueur d'onde μ se mesurent le long de la règle invariable l de S, de direction α par rapport à la translation.

L'origine absolue des vitesses u comptées dans le système de référence $\Sigma(o)$ universel est définie par l'*isotropie* de la longueur d'onde μ_0 et de la vitesse V_0 dans certains champs S_0, qui seront dits en *repos absolu*, comme $\Sigma(o)$. Considérons la vitesse de propagation C de l'énergie moyenne dans S_u comme définie par celle du *maximum d'amplitude* d'un *battement* infiniment long que produit le long de l_α la superposition de l'ondulation (μ, V) de s et d'une autre ondulation $(\mu + d\mu)$. Celle-ci est issue d'une source s' infiniment voisine de s et *n'en différant que par un excès dv de vitesse radiale le long de l_α*; la vitesse de la seconde ondulation est $V + dV$ dans le système de référence S' de la source correspondante s'; elle est $(V + dV + dv)$ dans S le long de l où les deux ondulations simples *forment vernier* par leurs ondes de longueurs respectives μ et $(\mu + d\mu)$. La vitesse du glissement relatif des deux séries d'ondes dans S est $(dV + dv)$ et comble la différence $(-d\mu)$ des deux intervalles d'ondes dans le *temps* $\left(-\frac{d\mu}{dV + dv}\right)$, ce qui fait progresser exactement d'une longueur μ la coïncidence des deux ondulations, c'est-à-dire le *maximum d'énergie*, et représente, par conséquent aussi, le *temps* $\frac{\mu}{C - V}$. L'*équation de liaison* de l'éther et de la matière est donc l'équivalence de ces deux temps, et l'on a, dans S, le long de la règle l dont la direction α est comptée par rapport à u,

$$U = C = V - \mu \frac{d(V + v)}{d\mu}.$$

OPTIQUE. — *Phare de grand atterrage, avec optique à réflecteurs métalliques.* Note (¹) de M. JEAN REY, présentée par M. A. Blondel.

Les nécessités de la navigation ont obligé la Marine française à compléter, pendant la guerre, l'éclairage des côtes de la Tunisie par l'érection d'un feu-éclair à éclats groupés, sur l'îlot du Galiton situé à une distance de 47 milles environ à l'ouest-nord-ouest de Bizerte.

L'Administration française des Phares, chargée de la préparation de cet appareil, a fait choix, pour des raisons de rapidité d'exécution et de prix,

(¹) Séance du 25 août 1919.

d'une optique à groupe de 4 éclats, entièrement métallique. Ce qui fait l'originalité de ce nouvel appareil, c'est le remplacement d'une optique en verre du système de Fresnel, seule employée dans les phares depuis une centaine d'années, par une optique dont les dispositions sont entièrement nouvelles. Elle est constituée par 4 réflecteurs en bronze spécial doré et bruni, représentant chacun le quart d'un réflecteur entier, parabolique, de $2^{m},25$ de diamètre et de $0^{m},65$ de distance focale. Ce réflecteur, dont la taille a présenté des difficultés toutes particulières, est le plus grand qui ait été réalisé jusqu'à ce jour.

Cette optique est montée sur un soubassement, avec cuve à mercure lui permettant d'effectuer une révolution complète en 20 secondes.

Les surfaces optiques de deux des réflecteurs sont placées au-dessus du plan horizontal moyen, et celles des deux autres au-dessous de ce plan. Les axes optiques sont écartés de 60° en azimut, ce qui donne à l'intervalle compris entre chacun des 4 éclats une durée de 3,33 secondes, et pour l'intervalle entre les groupes 10 secondes.

Ce phare a été mis en service au mois de mai 1919.

La précision exigée pour la taille de ces grands réflecteurs a été définie par l'écart angulaire entre le plan tangent en chaque point et le plan tangent au paraboloïde théorique, écart qui ne doit pas dépasser 10 minutes.

La vérification effectuée à l'aide d'une méthode que j'ai indiquée précédemment [1] a montré qu'en aucun point cet écart ne dépassait 8 minutes d'angle.

Mesures photométriques. — Les mesures photométriques effectuées sur l'appareil de la Galite, à Paris (février et mars 1918) ont indiqué en laboratoire une puissance maxima du feu de 202000 bougies, et en plein air, dans les conditions de l'expérience, d'environ 173000 bougies, soit 15 pour 100 de moins. Les mesures effectuées en laboratoire, par une méthode que j'exposerai ultérieurement, sont, je crois, les plus exactes.

L'écart provient de l'absorption atmosphérique particulièrement élevée dans la région parisienne, et dont les variations, dans la même séance, ont dépassé parfois 20 pour 100.

Toutefois, les expériences directes en plein air ont permis une vérification assez nette des calculs préliminaires, en comparant directement,

---

(1) *Méthode de vérification des réflecteurs optiques* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 329).

dans la même séance, l'intensité donnée par le réflecteur et par la source lumineuse ; le rapport des deux surfaces est de $\frac{9940^{cm^2}}{52^{cm^2}} = 191,1$. Si l'on tient compte des occultations partielles du réflecteur, ce rapport se trouve réduit à $191,1 \times 0,81 = 155$. Or la mesure directe a donné le nombre 132. La comparaison de ces deux nombres doit être égale au rendement de l'optique, soit $\frac{132}{155,0} = 0,852$.

Ce résultat est très voisin de la valeur du rendement du réflecteur mesurée directement.

Portée. — Pour déterminer la portée du feu, on le comparera à un feu sensiblement de même puissance installé sur nos côtes, le feu de *Camarat*, à groupes de 4 éclats, qui a une puissance maxima du faisceau de 200000 bougies environ. La durée totale de chacun de ses éclats est de 0,38 secondes au lieu de 0,44 pour le feu de la Galite; la portée du feu de Camarat doit donc être inférieure d'une quantité insignifiante. Or les expériences de l'Administration française des Phares ont permis de la fixer à 30 milles environ pendant 50 pour 100 de l'année. Il est donc probable que cette portée sera aussi celle du feu de la Galite, si la transparence atmosphérique moyenne des côtes de la Tunisie ne s'écarte pas trop de la valeur constatée pour les côtes de France; les premières mesures effectuées par le Service des Ponts et Chaussées tunisiens semblent de nature à le confirmer.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que l'optique employée au phare de Camarat est constituée par des lentilles annulaires de premier ordre, au $\frac{1}{8}$, correspondant à une section droite du faisceau de 17000^{cm^2}. Si l'on compare cette section à celle de l'un des réflecteurs du phare de la Galite on constate que l'éclat moyen, par centimètre carré de l'optique en verre, soit $\frac{200000 \text{ bougies}}{17000^{cm^2}} = 11,75$ bougies; ce nombre, comparé à l'éclat de la source, 32,8 bougies, donne un rapport de 0,359; tandis que, pour le phare de la Galite, ce rapport a pour valeur $\frac{20,33 \text{ bougies}}{32,8} = 0,62$. L'utilisation pratique du réflecteur est donc plus élevée.

Il y a là un argument sérieux en faveur de l'application des optiques à réflecteurs métalliques pour les feux de grand atterrage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorure de cyanogène.*
Note de MM. **Ch. Mauguin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

La plupart des Traités mentionnent seulement deux chlorures de cyanogène : l'un liquide ou aisément liquéfiable, l'autre solide polymère du premier. Cependant, quelques Ouvrages très importants auxquels on a volontiers recours, comme le *Dictionnaire* de Würtz (t. 1, 2e Partie, p. 1080) ou le *Traité* de Moissan (t. 2, p. 338), signalent avec réticence ou restrictions un chlorure gazeux. D'autre part, les constantes physiques sont discordantes. Il peut être utile de dissiper ces équivoques. La répétition des divers modes de préparation du chlorure de cyanogène liquide, la mise au point de quelques variantes de ces procédés nous offrent l'occasion de fixer les constantes et de trancher la question.

Méthode de Gay-Lussac. — Le chlorure de cyanogène se forme dans l'action du chlore sur l'acide cyanhydrique en solution aqueuse :

$$CNH + 2Cl = ClCN + HCl.$$

L'acide cyanhydrique peut être remplacé par le cyanure de sodium associé en proportions équimoléculaires à l'acide chlorhydrique (1) :

$$CNNa + HCl + 2Cl = ClCN + NaCl + HCl.$$

Chlorure de sodium et acide chlorhydrique ne modifient pas la réaction; de cette solution, le chlorure de cyanogène est éliminé à l'état de vapeur; il est débarrassé du gaz chlorhydrique qu'il peut entraîner au moyen de marbre et d'humidité au moyen de chlorure de calcium, puis il est liquéfié par refroidissement aux environs de zéro.

Il n'est pas indispensable de faire appel au chlore gazeux : celui-ci peut être suppléé par l'eau de Labarraque, qu'on fera couler dans la solution de cyanure additionnée d'une quantité suffisante d'acide chlorhydrique :

$$CNNa + HCl + ClONa = ClCN + 2NaCl + H^2O.$$

Préparation électrolytique. — On peut également réaliser une disposition

(1) On pourra employer un peu plus d'une molécule d'acide chlorhydrique afin d'être certain de n'avoir plus de cyanure de sodium libre dont la présence est préjudiciable (voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 383).

dans laquelle le chlore serait produit électrolytiquement au sein même de la solution sur laquelle il doit agir.

1° Electrolyse d'une solution d'acides cyanhydrique et chlorhydrique.

On emploie une anode de graphite placée dans un vase poreux; la cathode est constituée par un vase métallique extérieur; le liquide cathodique est de l'acide chlorhydrique dilué; le liquide anodique est un mélange équimoléculaire d'acides cyanhydrique et chlorhydrique. Le vase poreux est clos et muni d'un tube de dégagement pour le chlorure de cyanogène; à la cathode, l'hydrogène se dégage régulièrement pendant l'électrolyse. Sous 5-6 volts, l'appareil absorbait 10-12 ampères (3-4 ampères par décimètre cube d'anode. On arrête l'opération quand on a fait passer dans la solution le nombre théorique d'ampère-heures.

2° L'électrolyse d'une solution de cyanure de sodium associé à l'acide chlorhydrique — deux molécules pour une de cyanure — conduit aux mêmes résultats.

3° L'électrolyse d'une solution de cyanure de sodium associé à l'acide chlorhydrique *en proportion équimoléculaire* a été aussi étudiée en employant comme liquide cathodique une solution de sel marin. Le rendement chimique est toujours le même que précédemment — 75 à 80 pour 100 — mais on recueille à la cathode une solution saline riche en soude.

Remarque. — Tous ces modes opératoires impliquent la distillation d'une solution aqueuse de chlorure de cyanogène en présence d'acide chlorhydrique d'une concentration déterminée. Nous nous sommes assurés que, sauf l'emploi de solutions chlorhydriques trés concentrées, il n'y avait pas à craindre d'hydrolyse notable du chlorure de cyanogène dans cette opération. La concentration optimum est, d'après nos expériences, deux molécules d'acide cyanhydrique ou de cyanure de sodium par litre. Il est en outre très important d'assurer une bonne réfrigération de la solution aqueuse où se forme le corps cherché, et corrélativement une agitation évitant toute surchauffe locale.

Le rendement est alors égal ou supérieur à celui de 80 pour 100 indiqué pour la méthode de Held au zincocyanure de sodium. Le chlorure de cyanogène est pur; la seule impureté qu'il puisse contenir est une faible quantité d'acide cyanhydrique. Pour apprécier cette quantité, on utilise la méthode classique de Denigès sur la solution même où le chlorure de cyanogène a été dosé par la méthode décrite antérieurement.

Méthode de Sérullas perfectionnée par Drechsel. — Elle consiste dans l'action d'une bouillie d'hydrate de chlore (71^g par litre d'eau à 0°) sur la quantité théorique de cyanure de mercure, en maintenant une journée à l'obscurité et agitant de temps à autre; il était d'autant plus utile de la soumettre à une répétition que l'origine de l'équivoque relative aux chlorures de cyanogène doit être rapportée aux constantes physiques attribuées par Sérullas au corps qu'il a préparé.

Résultats. — Les constantes de chlorure de cyanogène liquide sont les suivantes :

Température de fusion	$-6^o,5$
» d'ébullition	$+12^o,5$
Densité à 0°	1,222
Coefficient moyen de dilatation 0°-45°	0,0019

En résumé, il y a deux chlorures de cyanogène : l'un volatil bouillant à $+12^o,5$ sous la pression atmosphérique; l'autre solide fusible à 145°, *et il n'y en a que deux.*

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations au sujet d'une submersion récente des côtes du Morbihan.* Note [1] de M. **Ch. Pussenot**, présentée par M. Pierre Termier.

On trouve sur les basses falaises de quelques échancrures du littoral du Morbihan, aux environs de Plouharnel et de Pontivy, un sable grossier, d'origine granulitique et des galets analogues à ceux du rivage, mélangés dans des proportions variables. Ils se présentent fréquemment sous la forme d'agglomérats. Leur plus grande élévation au-dessus des hautes eaux atteint à peine $3^m,5$; mais les galets sont d'autant plus petits que leur altitude est plus grande. Divers auteurs ont regardé ces dépôts, dont on n'a pas trouvé jusqu'ici la continuation plus au Nord, ni sur le pourtour du golfe du Morbihan, comme les restes d'une ancienne *plage soulevée*, tout en rangeant dans le Pliocène la couche de sable par laquelle ils débutent quelquefois. Mais si l'on examine la configuration de la côte, on reconnaît que les points sur lesquels ils se montrent étaient autrefois reliés à la plage par une pente rocheuse, à laquelle l'action des vagues des hautes mers ordinaires a substitué, dans la suite, des parois plus ou moins verticales, suivant

(1) Séance du 1er septembre 1919.

la résistance rencontrée. Il apparaît alors clairement que ces amas ont été accumulés, grâce à ces pentes, par les vagues des tempêtes, peut-être exceptionnelles à l'altitude où on les observe. Si ce travail n'est pas en rapport, à l'heure actuelle, avec la puissance d'action de la mer, cela tient uniquement à ce que, dans cette partie de la baie de Quiberon, le sable et la vase ont formé des atterrissements, ont envahi les fonds et les ont exhaussés en les portant, sur une grande étendue, à une altitude voisine du niveau des hautes mers, formant ainsi une vaste plaine, légèrement déclive du côté du large et sur laquelle la vitesse des vagues est rapidement amortie par le frottement.

D'autres restes de *plages soulevées* ont été signalés également dans l'île de Tiviec. En réalité, il existe là deux dépôts: l'un s'étend sur une bonne partie de l'île et s'accroît, à chaque tempête, du sable et des galets projetés par les vagues qui atteignent, dans ces parages, une très grande violence; l'autre, en tous points analogue aux précédents, d'une épaisseur de $0^m,5$ et d'une superficie de 10^{m^2} à 15^{m^2}, repose à 6^m au-dessus du niveau des hautes eaux, sur un rocher qui forme le fond d'une échancrure ouverte du côté du Sud-Ouest. La partie supérieure de ce rocher est taillée suivant une pente à laquelle succèdent, à partir du niveau des plus hautes mers et jusqu'à leur niveau moyen, d'énormes gradins. Par gros temps, on voit les vagues monter, grâce aux réflexions qu'elles subissent, à 1^m au-dessous du dépôt, et l'on ne doute plus que celui-ci, en présence des galets qu'elles abandonnent dans les anfractuosités, ne soit *l'œuvre des tempêtes* à une époque où le prolongement de la pente remplaçait les gradins.

On remarque, dans cette même île, du sable et des galets, accumulés à la manière des dépôts précédents dans les fentes qui divisent les falaises granulitiques. Ils y sont agglomérés et, lorsque les parties rocheuses soumises à l'action des lames s'écroulent, ils restent collés à la nouvelle falaise. Mais ceux d'entre eux qui se trouvent dans la zone d'attaque des lames de temps calme et de gros temps, soit à environ 2^m ou 3^m au-dessus des hautes eaux ordinaires, sont bientôt balayés; les autres apparaissent alors comme les traces d'une ancienne ligne de rivage.

En outre, j'ai pu observer la formation d'un amas de sable et de gravier sur la côte occidentale de la presqu'île de Quiberon, non loin de Kerniscob. A chaque attaque de la falaise granulitique par une lame, l'eau projetée dans une fissure élargie en remontait le fond incliné pour jaillir à $2^m,5$ plus haut, à la surface du sol, en abandonnant les matériaux qu'elle avait entraînés.

En définitive, il ne semble nullement nécessaire de recourir à l'hypothèse d'une submersion pour expliquer la formation des dépôts de Plouharnel, de Kerlostin et de l'île de Tiviec. Au contraire, toutes les observations indiquent qu'ils ont été accumulés sur les points où ils se trouvent, dans les conditions actuelles d'altitude et par les vagues des grandes tempêtes. Ils attestent que, depuis leur existence, la ligne des rivages ne s'est pas déplacée d'une façon sensible.

Et s'il y a sur d'autres parties du littoral ou sur les îles des restes de plages authentiques, à des altitudes trop considérables pour qu'ils puissent être attribués à des vagues de tempêtes séculaires, on est obligé de recourir, pour expliquer leur élévation au-dessus de la mer, tant que des restes analogues n'auront pas été signalés à l'intérieur de la côte, à des oscillations du sol.

Le dépôt le plus ancien de l'île de Tiviec supporte un amas considérable de cendre et de charbon, très fortement aggloméré et renfermant des os d'oiseaux, de petits mammifères et, en grand nombre, des coquilles appartenant aux diverses espèces de mollusques qui vivent sur la côte. Ce foyer, qui mériterait d'être étudié en détail, m'a fourni une pointe en os et deux petits silex taillés. Il fixe, suivant l'ancienneté qu'on lui attribue, l'époque à laquelle la ligne des rivages était déjà stable.

D'autre part, il existe à 25^{km} au Nord-Ouest, près de Kerrogol (environs d'Auray), dans la vallée du Bono et signalé autrefois par moi, un dolmen, en partie intact, qui est *submergé à chaque marée* [1].

Si le foyer de l'île de Tiviec et ce monument préhistorique sont contemporains, *le sol s'est affaissé près d'Auray quand il était stable à Quiberon :* les indications fournies par les sondages en Vilaine seraient donc confirmées, ainsi que le caractère *essentiellement local* des mouvements *récents* du sol sur les côtes de la Bretagne. Cette localisation empêche en outre d'attribuer sans réserves exclusivement à des mouvements « eustatiques » de la mer les dépôts qui font l'objet de la présente Note.

---

[1] *Bull. Soc. polym. du Morbihan : Proc.-verb.*, 1906, p. 34.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur des Poissons fossiles de la région côtière du Congo et sur la présence de l'Eocène dans cette région.* Note de M. **Maurice Leriche**, présentée par M. Charles Barrois.

La falaise de Landana, dans l'enclave portugaise de Cabinda (Congo), est un important gisement fossilifère. M. Diderrich, ancien directeur du Commerce et de l'Industrie de l'État indépendant du Congo, en a rapporté un certain nombre de fossiles (empreintes de Mollusques, restes de Tortues et de Poissons), dont l'étude a fait l'objet de plusieurs Mémoires [1].

L'intérêt et la richesse de ce gisement déterminèrent la direction du Musée du Congo belge, à Tervueren, près Bruxelles, à le faire explorer d'une façon méthodique. M. Bequaert, chargé de cette exploration, fit parvenir, en 1914, au Musée du Congo belge, d'importants matériaux, parmi lesquels se trouvent de très nombreux restes de Poissons, représentés surtout par des dents de Squales.

De plus, au cours de son voyage, M. Bequaert releva un nouveau gisement de Poissons fossiles à Sasazao, à 10^{km} environ de Landana, dans l'intérieur des terres.

La direction du Musée du Congo belge a bien voulu me confier l'étude des Poissons provenant des deux gisements explorés par M. Bequaert.

Gisement de Landana. — De renseignements stratigraphiques sommaires, adressés par M. Bequaert à M. Schouteden, attaché au Musée du Congo belge, il résulte que les terrains qui forment la falaise de Landana sont inclinés vers le Sud : la partie septentrionale de la falaise est ainsi formée par des couches un peu plus anciennes que celles qui constituent la partie méridionale.

Les restes de Poissons proviennent tous de la partie septentrionale de la falaise. On les trouve dans une série de couches, dont l'ordre de succession sera donné ultérieurement par M. Bequaert. Ils sont particulièrement fréquents dans un mince lit-repère, renfermant des coprolithes, et que M. Bequaert distingue sous le nom de *niveau à coprolithes*.

---

(1) *La faune paléocène de Landana : Mollusques*, par E. Vincent; *Podocnemis congolensis*, par L. Dollo; *Poissons*, par M. Leriche [*Annales du Musée du Congo belge* (Géologie, Paléontologie, Minéralogie), 3e série (Bas et Moyen Congo), t. 1, fasc. 1; 1913].

La faune ichthyologique de toutes ces couches paraît être assez uniforme. J'ai reconnu parmi les éléments qui la composent : *Myliobatis dispar* Leriche, représenté par des dents et par des épines caudales; *M. Dixoni* L. Agassiz; *Ginglymostoma Thilensi* Winkler, prémut. *Bequaerti*, nouv. prémut.; *Odontaspis macrota* L. Agassiz, prémut. *striata* Winkler; *O.* cf. *Winkleri* Leriche; *Lamna appendiculata* L. Agassiz; *Carcharodon landanensis*, nouvelle espèce; un Siluridé, représenté par des fragments de rayons épineux des nageoires dorsale et pectorales; un Scombridé de petite taille, dont l'existence est révélée par une plaque hypurale ([1]).

Ce qui caractérise cette faune, c'est l'association d'une espèce crétacée, *Lamna appendiculata*, à un ensemble de formes tertiaires, dont plusieurs présentent des caractères primitifs. J'ai déjà insisté sur le caractère archaïque de *Myliobatis dispar* ([2]). L'*Odontaspis macrota*, prémut. *striata*, qui est l'espèce la plus commune à Landana, s'y fait souvent remarquer par sa petite taille, par la sveltesse de ses dents et la multiplication des denticules latéraux (deux ou trois paires).

La détermination des nombreux matériaux récoltés par M. Bequaert confirme ainsi l'âge paléocène ancien (Montien) que j'avais attribué à la partie inférieure du gisement de Landana ([3]), d'après l'étude des Poissons recueillis jadis par M. Diderrich.

Gisement de Sasazao. — Ce gisement est situé sur les rives du Shiloango, à une dizaine de kilomètres de Landana. Les restes de Poissons qui en proviennent ont été recueillis, en grande partie, dans une argile jaune, bien différente des formations que l'on voit exposées dans la falaise de Landana. Quoique relativement peu nombreux, ces restes présentent une grande diversité, qui révèle une faune très variée. J'ai en effet reconnu, dans ces restes, les formes suivantes : *Myliobatis toliapicus* L. Agassiz (forme jeune = *M. latidens* A. Smith Woodward); *Myliobatis* sp. (forme de grande taille, représentée par des dents médianes, isolées); *Ætobatis irregularis* L. Agassiz; *Odontaspis cuspidata* L. Agassiz, prémut. *Hopei* L. Agassiz; *Cylindracanthus rectus* L. Agassiz, *Triodon cabindensis*, nouvelle espèce.

Cette faunule est toute différente de celle de Landana. Les espèces

---

([1]) Un élément de la faune ichthyologique des couches de Landana, *Hypolophites mayombensis* Leriche, n'est pas représenté dans les matériaux recueillis par M. Bequaert.

([2]) M. Leriche, *Les Poissons paléocènes de Landana* (*loc. cit.*, p. 76).

([3]) M. Leriche, *loc. cit.*, p. 80.

connues qu'elle renferme sont des éléments de la faune ichthyologique de l'Éocène *s. str.* (Yprésien à Bartonien), et plusieurs d'entre elles : *Myliobatis toliapicus*, *Ætobatis irregularis*, *Cylindracanthus rectus*, se trouvent parmi les formes les plus communes et les plus caractéristiques de cette faune. Quant au genre *Triodon*, représenté dans la faunule de Sasazao par une espèce nouvelle, il n'était encore connu, à l'état fossile, que par une seule espèce, *Triodon antiquus* Leriche, de l'Éocène (Yprésien, Bruxellien) de la Belgique et du Nummulitique de l'Aude.

La faunule ichthyologique recueillie à Sasazao révèle donc la présence de l'Éocène proprement dit dans la région côtière du Congo.

La situation géographique du gisement de Sasazao, entre les gisements incontestablement éocènes de l'Angola, d'une part, du Togo et du Sénégal, d'autre part, montre que l'Éocène doit former une bande plus ou moins continue le long de la côte occidentale de l'Afrique équatoriale.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Vigueur végétative, compensatrice de la stérilité, chez les hybrides d'espèces de Digitales* (Digitalis purpurea, *L.*; D. lutea, *L.*). Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Le croisement entre espèces, qui donne naissance à des individus mixtes stériles, entraîne souvent, par une sorte de balancement organique, le développement par excès des racines, tiges, feuilles et fleurs. J'ai étudié à ce point de vue l'hybride direct *Digitalis purpurea* × *D. lutea* et l'hybride réciproque *Digitalis lutea* × *D. purpurea*, obtenus en 1909 à partir des mêmes plantes, prises alternativement pour mère et pour père, au Laboratoire de physique végétale de Meudon.

En raison de la stérilité absolue des ovaires et des étamines, je ne possède de ces deux croisements que la première génération, composée de 120 plantes qui présentent plusieurs particularités intéressantes :

1° *L'ensemble des hybrides, directs et réciproques, est remarquable par l'homogénéité, par l'uniformité de croissance des individus.*

Les lignées de *Digitalis purpurea* cultivées dans le voisinage donnent des tiges de 50 à 150^{cm}, uniaxes, ou à ramifications latérales, ou à ramifications basilaires; elles offrent des variations notables de début et de fin de floraison et d'échelonnement dans la maturation des fruits. L'espèce *D. lutea* croît difficilement à Meudon (sol dépourvu de calcaire) et je ne réussis pas à en conserver de belles plates-bandes; les plantes à 1, 2 ou 3 tiges y atteignent rarement 80^{cm} et restent souvent inférieures à 40; elles offrent des floraisons échelonnées selon la force des pousses basilaires.

Au contraire, les hybrides forment, sans exception, de larges touffes de 10 à 15 tiges, qui croissent simultanément et avec la plus grande régularité. Les premières fleurs apparaissent au début de juin, sur chaque tige, et deviennent de plus en plus nombreuses au fur et à mesure de l'allongement des axes, qui, en fin juillet, atteignent de 150 à 185^{cm}. Les périodes de sécheresse de 1911 et de 1919, qui ont eu un retentissement si marqué sur la croissance de *D. purpurea*, n'ont altéré en rien la régularité du port et de la longue floraison des hybrides.

La règle de Naudin concernant l'*uniformité des hybrides de première génération* trouve dans cet exemple une remarquable illustration.

2° *Les différences d'origine, bien marquées sur les fleurs épanouies, ne se traduisent par aucune particularité saillante sur l'appareil végétatif.*

A l'automne sur les épis désséchés, et au printemps sur les touffes de rosettes des hybrides, il est impossible de distinguer les produits de la combinaison *D. purpurea* × *D. lutea* des produits de la combinaison réciproque *D. lutea* × *D. purpurea*. Les corolles et les étamines seules, caduques, fournissent une indication de la parenté maternelle ; les plantes provenant de graines récoltées sur *D. purpurea* portent des corolles sensiblement plus longues, plus évasées, comprimées de haut en bas avec des lèvres plus étalées que celles des individus nés d'ovules de *D. lutea* dont les corolles petites, tubuleuses, à section circulaire, offrent des lèvres ovales lancéolées : à distance, on les distingue aussi par la couleur des corolles teintées de rose lavé de pourpre chez les hybrides *D. purpurea* × *D. lutea*, avec macules intérieures larges, disséminées aussi sur les étamines ; les corolles de *D. lutea* × *D. purpurea* sont jaunes blanchâtres, à macules intérieures petites, ponctiformes.

Il est très intéressant de constater que les différences ne portent que sur les organes floraux et caducs ; toutes les parties végétatives ou pourvues de chlorophylle, tiges, feuilles, calices, ovaires même, ne permettent pas de distinguer les origines maternelles. La règle de *l'équivalence des hybrides directs et réciproques*, énoncée par Naudin pour un grand nombre d'hybrides fertiles, est applicable pour partie à ces hybrides stériles. La notion de l'uniformité des produits de première génération est renforcée par cette constatation.

3° *Les hybrides des espèces* Digitalis purpurea *et* D. lutea *offrent les caractères de gigantisme et d'infantilisme.*

Les *tailles* des hybrides et des parents ont été comparées au paragraphe 1. Au point de vue *longévité*, *D. purpurea* est bisannuelle, rarement trisannuelle, et seulement lorsque des accidents ou des repiquages suppriment prématurément les axes fertiles ; *D. lutea* est vivace, mais peu vigoureuse à Meudon où elle périt à la troisième année. Les hybrides de ces deux espèces, actuellement dans leur dixième année, sont plus vigoureux en 1919 qu'en 1914 et ne paraissent pas être sur leur déclin.

La vigueur des hybrides peut être évaluée en *poids*. Un pied moyen de *D. purpurea* donne environ 150^{gr} de matière sèche; *D. Lutea*, à Meudon, en produit rarement 50^{gr}. Chacun des hybrides fournit *tous les ans*, depuis 1911, plus de 200^{gr} et, en 1919, plus de 275^{gr} de matière sèche. Il n'est pas exagéré de dire que chaque hybride, au cours d'une vie dont on ne peut prévoir la fin, a déjà construit plus de dix fois la quantité de matière sèche fournie par l'ensemble de ses deux parents.

La vigueur des hybrides peut être évaluée en *fleurs*. *D. purpurea* donne de 40 à 70 corolles épanouies; *D. Lutea*, de 20 à 40. Chaque hybride donne, chaque année, de 10 à 15 tiges portant chacune en moyenne 100 fleurs, soit de 1 000 à 1 500 fleurs.

La production continue de pousses dans les souches hybrides qui s'étalent en touffes se prêtant à une rapide multiplication par division, la production presque indéfinie de fleurs sur des axes qui ne meurent pas, mais se dessèchent au soleil d'août, sont des preuves que les tissus hybrides restent dans un état d'infantilisme. J'ai déjà signalé un exemple analogue (¹) chez l'hybride presque totalement stérile *Triticum monococum* + *Tr. durum*, et montré que les tissus y restaient à un stade caractéristique de l'enfance de l'un des parents.

4° *A la fin de juillet* 1919, *presque toutes les tiges développées sur les hybrides présentaient des caractères bien nets de fascies.*

Sur plusieurs individus, j'ai observé des crêtes terminales aplaties et larges de 10^{mm} à 12^{mm}; sur toutes les tiges, on peut observer une compacité terminale très accentuée, de 5 à 10 fois plus intense que chez les parents. Dans un seul cas, j'ai noté une corolle à l'éperon latéral rappelant celui des Linaires hémipéloriées.

En résumé, l'hybridation entre espèces de Digitales, qui entraîne la stérilité, provoque le développement excessif des tissus végétatifs avec tous les caractères qui sont propres aux organes jeunes et surnourris.

PARASITOLOGIE. — *Antagonisme du bétail et de l'homme dans la nutrition sanguine de l'*Anopheles maculipennis. *Le rôle antipaludique du bétail domestique.* Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. A. Laveran.

Il est de notion courante que les Anophèles recherchent pour se nourrir, non seulement le sang de l'homme, mais aussi celui des animaux. Certaines

---

(¹) Valeur spécifique des divers groupements de Blés (*Triticum*) (*Mém. du Laboratoire de Biologie agricole de l'Institut Pasteur*, 1914, p. 44).

espèces anophéliennes peuvent être rencontrées dans des régions inhabitées, uniquement peuplées de gros gibier.

Notre espèce indigène la plus répandue, l'*A. maculipennis*, principal vecteur du paludisme en Europe, fréquente volontiers les étables et les écuries. Il ne semble pas cependant qu'on ait, comme il convient, attiré l'attention sur les conséquences importantes, au point de vue de l'hygiène antipaludique, qui découlent de ces constatations. Les données que je résume ci-après, d'après des observations faites comparativement dans le marais vendéen, la Loire-Inférieure et les environs de Paris, tendent à montrer que le problème de l'extinction du paludisme en France est lié, en majeure partie, à la protection de l'homme par le bétail.

1° *L'A. maculipennis* pique à l'intérieur des locaux occupés par l'homme ou ses animaux domestiques. Il recherche avant tout le bétail, exceptionnellement l'homme.

Ainsi, aux environs de Paris, régions non palustres, on trouve constamment l'Anophèle, et souvent un grand nombre, dans les écuries et les étables; il passe d'ordinaire complètement inaperçu des habitations. Son existence est liée aux animaux; ses rapports avec l'homme nuls ou accidentels.

Dans les pays restés palustres, quoique à un taux minime (Vendée, lac de Grandlieu), la présence de l'Anophèle peut être constatée dans les intérieurs humains, mais en abondance infiniment faible eu égard à l'extrême densité de la faune anophélienne. Pour une dizaine d'Anophèles, rarement plus, observés chez l'homme, on les comptera toujours *par milliers* dans les écuries et les étables.

2° Les Anophèles se partagent chaque nuit, par ordre de préférence, le bétail disponible d'un district. Les animaux les plus recherchés protègent les autres.

On peut constater par une capture journalière ou par le procédé du marquage (¹) qu'en raison de son rythme d'activité crépusculaire, précédemment décrit (²), chaque nuit se renouvelle la population anophélienne d'un local donné. Cependant, malgré ce renouvellement incessant, celle-ci se maintient sensiblement constante, son chiffre étant fixé par le degré d'attraction relatif des hôtes. Par ordre de préférence, les moustiques recherchent en premier lieu les porcs (³), puis les bovins et les chevaux, les chèvres et

(¹) Par pulvérisations colorées, procédé imaginé par Zetek, à Panama.

(²) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 967.

(³) J'ai déjà signalé le remplacement de l'homme par les porcs pour un grand nombre d'ectoparasites, notamment les tsétsés (*Bull. Soc. path. exot.*, 13 décembre 1916). Ce qui est vrai pour le paludisme, l'est également pour la maladie du sommeil.

moutons, en dernier lieu les lapins et les chiens. Les volatiles de basse-cour ne sont piqués que par exception.

Les hôtes de choix protègent les autres dans les limites de la concurrence. Ainsi, des lapins à proximité d'une génisse, ne sont pas piqués, tandis qu'isolément un seul lapin, dans le marais vendéen, peut nourrir par jour près de 200 Anophèles.

3° L'homme est protégé par les animaux. Cette protection est d'autant plus complète que la population anophélienne trouve plus aisément à satisfaire ses besoins de sang sur le bétail. C'est là ce qui règle la présence ou non des Anophèles dans les maisons.

Aux environs de Paris, la quantité de bétail disponible est considérable, étant donnée la faible densité de la faune anophélienne : les Anophèles rencontrés dans les étables sont toujours abondamment nourris de sang. On trouve à peine en été de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ des femelles non gorgées.

Au contraire, dans le marais vendéen où la population anophélienne est excessivement dense, le bétail ne nourrit pas tous les Anophèles; il n'y a souvent qu'à peine un tiers des femelles nourries de sang. Les habitations humaines où l'homme a le plus à souffrir des atteintes des Anophèles sont précisément celles où, le bétail étant rare ou absent, les moustiques sont le moins abondamment nourris. La recherche de l'homme, par ces insectes, est donc subordonnée à leurs conditions d'alimentation par les animaux. La fréquence et la continuité des rapports entre l'homme et les Anophèles, conditions *sine qua non* du développement de l'affection palustre, tiennent avant tout à l'insuffisance de nourriture animale offerte à la faune anophélienne.

4° Ce n'est pas tant la plus ou moins grande abondance de nourriture sanguine qui règle la densité relative de la faune anophélienne, que l'étendue et la qualité des lieux de développement larvaire.

Quelle que soit l'abondance des hôtes nourriciers, si les gîtes à larves sont peu étendus, la population anophélienne d'une localité reste faible. C'est le cas, par exemple, pour les environs de Paris, malgré la surabondance de nourriture sanguine constatée chez les femelles. Les gîtes à larves y sont constitués le plus souvent par de minimes collections d'eau, où la densité des larves est élevée. Dans les grandes étendues marécageuses, au contraire (marais vendéens, lac de Grandlieu), les Anophèles adultes sont en telle abondance qu'ils ne peuvent tous s'alimenter de sang régulièrement. Et cependant les larves ne peuvent être rencontrées qu'en très petit nombre parce qu'elles sont dispersées sur des espaces considérables. Il n'y a donc pas lieu de penser que les Anophèles abondent dans une région, principalement parce qu'ils y sont largement nourris par le bétail ou par l'homme, mais plutôt parce qu'ils y rencontrent de larges conditions de développement larvaire.

De ce que nous venons de dire on peut conclure que, dans nos régions, le bétail domestique joue un rôle antipaludique de premier ordre en fixant sur lui l'immense majorité des Anophèles. Loin d'exercer, comme on

pourrait le prétendre, une action préjudiciable en contribuant à l'entretien de la population anophélienne d'un district, il détourne et disjoint les relations dangereuses qui, à son défaut, s'établiront obligatoirement de cette population anophélienne avec l'homme. C'est dans ce sens aussi que les progrès de l'agriculture améliorent l'hygiène des pays palustres. Il semble que la prophylaxie antipaludique puisse tirer un profit réel de ces constatations.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Sur le traitement de la gale des Équidés par les vapeurs de chloropicrine*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Dassonville**, transmise par M. Roux.

Au cours de la guerre, la gale a causé de véritables ravages dans la cavalerie de nos armées, sous l'influence de deux causes principales : d'abord le manque de chevaux de remplacement, qui a mis dans l'obligation de maintenir en service un grand nombre de galeux, semant partout la contagion; ensuite l'absence d'une méthode de désinfection rapide des animaux contaminés, évitant que ceux-ci deviennent, à leur tour, des agents de dissémination de la maladie.

La lutte contre la gale a été réduite au traitement des sujets galeux devenus incapables de travail et qui, évacués trop tardivement, étaient pour la plupart irrécupérables.

Les méthodes classiques de traitement se sont d'ailleurs montrées peu efficaces. Par contre, la *sulfuration*, préconisée en 1917, par MM. Lepinay, Henry et Vigel, a rendu les plus grands services.

Ce procédé consiste à enfermer les chevaux malades dans des cabines closes d'où, seule, leur tête émerge par une lucarne. Une collerette de toile fixée aux bords de cette dernière est nouée, d'autre part, à la base de la tête. Le corps des animaux peut séjourner ainsi dans une atmosphère même très irritante, sans que les organes de la respiration et de la vision en soient affectés. Dans les cabines aménagées de la sorte et garnies de chevaux, on fait pénétrer un gaz antipsorique : l'anhydride sulfureux. En fin d'opération, la tête, qui n'a pas subi l'action de ce gaz, est traitée par les procédés ordinaires (pommade soufrée, huile de cévadille, etc.).

Deux opérations au moins, répétées à 10 jours d'intervalle, sont nécessaires; la deuxième et, éventuellement, la troisième ont pour but de

détruire les parasites qui auraient pu naître des œufs ayant résisté à l'action du gaz sulfureux.

La sulfuration a permis de sauver un très grand nombre de chevaux, mais elle ne remplit pas les conditions requises pour assurer une prophylaxie efficace de la gale aux armées. En effet :

1° L'anhydride sulfureux provenant de la combustion directe du soufre échauffe assez fortement l'atmosphère des cabines; cette atmosphère entre en pression et s'échappe par les moindres fissures. On ne peut obtenir l'étanchéité indispensable qu'au prix de réparations journalières qui entravent la marche des opérations.

2° Lorsque la température extérieure est élevée, l'atmosphère des chambres à sulfuration est vite surchauffée et devient insupportable aux animaux; ceux-ci se laissent tomber, déchirent leur collerette et succombent à l'inhalation irritante du gaz qui provoque la pneumonie. Pendant l'été, la méthode n'est applicable que le matin et le soir.

3° L'anhydride sulfureux détruit en peu de temps le tissu des collerettes, dont la confection est onéreuse.

4° Pour obtenir un bon résultat, il faut faire séjourner les chevaux dans les cabines pendant 2 heures, au moins; ce qui limite à 4 ou 5 par journée le nombre des sulfurations.

L'un de nous ayant établi qu'il suffit de doses très faibles de chloropicrine (1^{cg} à 2^{cg} par litre d'air) pour provoquer en un temps relativement court (5 à 10 minutes) la mort de certains insectes (¹), il était à présumer que cette substance se montrerait aussi très nocive pour les acares de la gale.

De plus, la chloropicrine est très volatile et n'a aucune action sur le tissu des collerettes; ce qui permet d'éviter certains des inconvénients inhérents à la sulfuration.

Avec l'autorisation de M. le Ministre de la Guerre et sous le contrôle de M. le vétérinaire inspecteur Fray, nous avons entrepris des expériences sur des chevaux atteints de gale généralisée.

La technique employée a été la suivante :

Les chevaux malades ont été mis sur place dans des cabines à sulfuration, groupées en série, puis on a projeté dans les cabines, à l'aide d'une seringue munie d'un bouton vaporisateur, 20^{g} de chloropicrine par mètre cube. On a pris la précaution importante d'éviter la projection directe de

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 742.

la chloropicrine sur les animaux ; cette substance à l'état liquide est, en effet, irritante pour la peau et peut provoquer des défenses gênantes.

Lorsque les galeux ont séjourné une demi-heure dans les cabines, on ventile celles-ci un court instant en ouvrant les portes situées en arrière et l'on retire les animaux. Comme lorsqu'on se sert du gaz sulfureux, il est utile de porter un masque protecteur, en particulier du type A. R. S. pour effectuer ces diverses opérations.

La tête des chevaux qui a échappé à l'action des vapeurs acaricides est alors enduite d'une pommade composée de :

Vaseline	100^g
Chloropicrine	$2^g,50$

Voici le protocole résumé de nos deux dernières expériences :

I. Quatorze chevaux galeux sont traités : une première fois, le 16 juillet (dès le lendemain le prurit a disparu) ; une deuxième fois, le 5 août. Le 14 août, les chevaux sont présentés à M. le Vétérinaire inspecteur : leur guérison est reconnue.

II. Trente galeux sont traités aussi deux fois (29 juillet et 12 août) à l'hôpital vétérinaire de Mézy-Moulin. Le 20 août (23ᵉ jour), le Directeur de l'établissement rend compte que les sujets paraissent guéris et peuvent être remis en service.

Le 25 août, M. le Vétérinaire inspecteur les visite et confirme cette opinion.

La nouvelle méthode de traitement présente un certain nombre d'avantages :

1° Elle est au moins aussi efficace que la sulfuration ;

2° Elle réduit le séjour dans les cabines à 30 minutes au lieu de 2 heures, ce qui permet de traiter un plus grand nombre de sujets dans le même temps ;

3° Elle est beaucoup plus simple, puisqu'elle dispense d'employer des dispositifs spéciaux (sulfurogènes) exigeant, pour bien fonctionner, une surveillance constante ;

4° Elle ne détermine pas d'accroissement notable de pression à l'intérieur des cabines, ce qui supprime la nécessité d'une étanchéité *absolue ;* d'où la possibilité :

a. D'installer en tout lieu, à l'aide de fermes transportables, des cabines démontables que l'on peut calfeutrer avec des matériaux de fortune ;

b. D'instituer *à l'avant* une *prophylaxie* efficace de la gale, en soumettant à deux balnéations gazeuses de 30 minutes chacune, *sans interrompre leur service,* non seulement les chevaux galeux, mais encore les contaminés ;

5° La nouvelle méthode n'a pas d'action destructive sur le tissu des collerettes (d'où économie et disparition d'une entrave au bon fonctionnement);

6° Enfin, sa sécurité vis-à-vis des chevaux est plus grande. L'expérience nous a, en effet, démontré que l'inhalation de chloropicrine est incomparablement moins dangereuse que celle d'anhydride sulfureux.

Pour les raisons exposées ci-dessus, l'emploi de la chloropicrine pour le traitement de la gale constitue un progrès sur celui de l'anhydride sulfureux.

On peut, dès aujourd'hui, faire entrer ce traitement dans la pratique. Nous proposons de le désigner sous le nom de *chloropicrination*.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1919.

Institut scientifique de l'Indo-Chine. *Catalogue des plantes du jardin botanique de Saïgon*, par M. Aug. Chevalier. Saïgon, Albert Portail, 1919; 1 fasc. 27^{cm}. (Présenté par M. Lecomte.)

Samuel Klingenstiernas levnad och verk. I. *Levnansteckning* av Hildebrand Hildebrandson. Stockholm, Almquist et Wiksells, 1919; 1 fasc. 25^{cm}.

Trabajos de Oceanografía y biología marina, por Odon de Buen, vol. I. Madrid, Instituto español de oceanògrafía, 1916; 1 vol. 36^{cm}. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

La toxémie traumatique à syndrome dépressif (shock traumatique) *dans les blessures de guerre*, par E. Quénu. Paris, Félix Alcan, 1919; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par l'auteur.)

Ministère du Commerce. Direction des études techniques. *Rapport général sur l'industrie française, sa situation, son avenir, d'après les travaux des sections du comité consultatif des arts et manufactures et de la direction des études techniques;* première partie : *Étude de la situation des principales industries avant la guerre et de leur expansion possible;* tome deuxième : *Industries chimiques, industrie du bâtiment, industries diverses; conclusions générales*. Paris, Imprimerie nationale, 1919; 1 vol. 32^{cm}. (Présenté par M. A. Haller.)

Le problème de l'électricité, par Augustin Meuris. Bruxelles, O. de Rycker, 1919; 1 fasc. 19^{cm}.

La bibliothèque de l'Université de Louvain (1636-1914), par Ed. de Moreau. Louvain, Fonteyn-Ceuterick, 1918; 1 fasc. 25^{cm}.

Nouvelles méthodes de résolution des équations du 3e *degré*, par le Vte de Galembert. Paris, Vuibert, 1919; 1 fasc. 23^{cm}.

Minéraux industriels du Canada. Commission géologique, Ministère des mines. Ottawa, Canada, 1918; 1 fasc. $16^{cm},5$.

La guerre d'Italie, publiée par les soins du Touring-Club italien. Milan, s. d.; 1 fasc. 24^{cm}.

The Korean « Independence » agitation. The « Seoul press » office. Seoul, Chosen, 1919; 1 fasc. 22cm.

An Account of the crustacea of Norway, by G. O. SARS, vol. VI : *Copepodo cyclopoida;* parts V and V : *Cyclopidæ* (continued). Bergen, Museum, 1914;

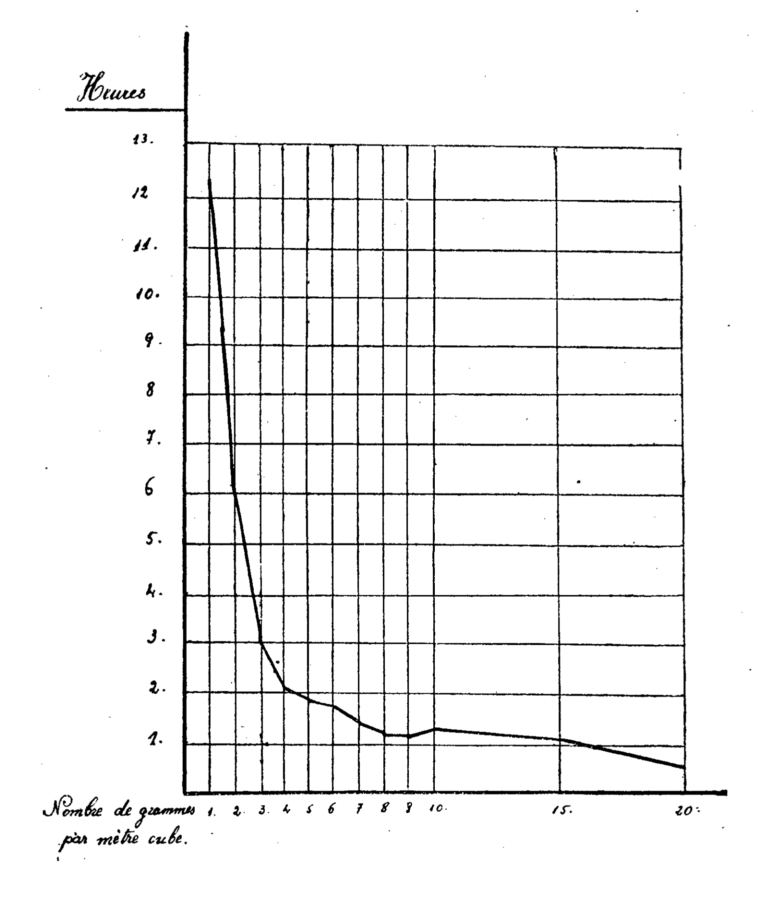
Studies on the vegetation of cyprus based upon researches during the spring and summer 1905, by JENS HOLMBOE. Bergen, John Griegs, 1914; 1 vol. 31cm.

ERRATA.

(Séance du 1er septembre 1919.)

Note de MM. *G. Bertrand, Brocq-Rousseu et Dassonville*, Destruction de la Punaise des lits (*Cimex lectularius* Mer.) par la chloropicrine :

La Note aurait dû être accompagnée de la figure ci-dessous qui a été omise.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 SEPTEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Remarques sur un problème de géométrie vectorielle.* Note (¹) de M. E. **Goursat.**

Dans deux Notes récentes, MM. Axel Egnell (²) et René Garnier (³) ont étudié un problème de géométrie vectorielle proposé par M. Guichard. Ce problème admet une solution presque évidente que ces deux auteurs ne signalent pas. Il suffit de reprendre le raisonnement de M. Axel Egnell, en le simplifiant même un peu, pour traiter complètement la question.

Supposons qu'à tout point M (x, y, z) de l'espace, on fasse correspondre un plan P, passant par ce point, représenté par l'équation

$$(1) \qquad X(\xi - x) + Y(\eta - y) + Z(\zeta - z) = 0,$$

X, Y, Z étant des fonctions données de x, y, z. L'équation aux différentielles totales

$$(2) \qquad X\,dx + Y\,dy + Z\,dz = 0$$

n'est pas, en général, complètement intégrable, mais elle admet toujours une infinité de *courbes intégrales*, dépendant d'une fonction arbitraire, c'est-à-dire de courbes dont la tangente en chaque point est située dans le plan P correspondant à ce point. Le problème proposé par M. Guichard peut être formulé ainsi : *Trouver tous les systèmes de trois fonctions* X, Y, Z,

---

(¹) Séance du 8 septembre 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1263.

(³) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 324.

telles que le plan osculateur en un point quelconque M *d'une courbe intégrale soit le plan* P *correspondant*.

Les courbes intégrales situées dans un plan quelconque Q sont déterminées par une équation différentielle du premier ordre, sauf dans le cas où toutes les courbes de ce plan seraient des courbes intégrales. Il faudrait pour cela que le plan Q fût lui-même une intégrale à deux dimensions de l'équation (2). Ces plans dépendent au plus d'une constante arbitraire et cela seulement dans le cas où l'équation (2) est complètement intégrable et admet pour intégrale générale une famille de plans. Le plan Q ne satisfaisant pas à cette condition, le plan P correspondant à un point arbitraire M de ce plan est distinct du plan Q et le coupe suivant une droite D passant par M. La courbe intégrale du plan Q qui passe en M doit être tangente à à la droite D; de plus, d'après l'énoncé même du problème, le plan osculateur en M à cette courbe doit être à la fois le plan P et le plan Q. Ce plan osculateur est donc indéterminé et, comme le point M est un point arbitraire du plan Q, il s'ensuit que ces courbes intégrales sont des lignes droites. Dans chaque plan, il y a donc une infinité de droites, dépendant d'une constante arbitraire, qui sont des intégrales de l'équation (2). Si le plan Q varie, il est clair que l'on obtient un complexe de droites satisfaisant à l'équation (2). Les droites de ce complexe qui passent par un point M de l'espace sont évidemment situées dans le plan P correspondant, et réciproquement toute droite D du plan P passant par M appartient au complexe, car elle coïncide forcément avec la courbe intégrale passant par M qui est située dans un plan Q passant par la droite D.

Nous sommes donc ramenés au problème suivant : *Trouver tous les complexes de droites, pour lesquels le cône du complexe relatif à un point quelconque de l'espace est un plan.*

Ce problème admet deux solutions bien distinctes. Soit Δ une droite quelconque du complexe. Si le plan P correspondant à un point M de Δ tourne autour de Δ lorsque le point M parcourt cette droite, on voit aisément que le complexe est complètement déterminé quand on connaît les plans P_1, P_2, P_3 correspondant à trois points non en ligne droite M_1, M_2, M_3. Il coïncide donc avec le complexe linéaire déterminé par ces trois points et les plans polaires P_1, P_2, P_3.

Si le plan P reste le même quand le point M décrit une droite du complexe, toutes les droites de ce plan font partie du complexe et le plan P lui-même est une intégrale de l'équation (2). Cette équation est alors complètement intégrable et admet pour intégrale générale une famille de

plans dépendant d'un paramètre. Le complexe correspondant est formé des droites tangentes à une surface développable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés réfractaires des produits alumineux.* Note (1) de MM. **H. Le Chatelier** et **B. Bogitch.**

Au cours de recherches poursuivies en collaboration avec Henri Sainte-Claire Deville, sur la fabrication industrielle de l'aluminium, Louis Le Chatelier reconnut, en 1864, les propriétés réfractaires remarquables du minerai d'aluminium, la bauxite (2). Il montra que l'on pouvait fondre une brique de silice placée sur une brique de bauxite, sans que les arêtes de cette dernière commencent même à s'arrondir. A la suite de ces études, ces nouvelles briques furent essayées dans un grand nombre d'aciéries de France et d'Angleterre. On chercha à les employer dans la construction des voûtes des fours Siemens. L'insuccès fut complet, les voûtes s'effondrèrent rapidement. L'expérience répétée bien des fois depuis conduisit toujours au même résultat. On expliqua cet échec par la porosité trop grande de la bauxite calcinée, qui se laissait profondément imbiber par les laitiers fondus, et par son retrait considérable, qui amenait l'affaissement des voûtes.

Jusqu'à ces dernières années, on n'avait pu utiliser la bauxite que dans la fabrication de certaines briques peu réfractaires, en raison de qualités tout à fait indépendantes de la fusibilité. Dans les fours à plomb, les briques alumineuses sont moins rapidement corrodées par l'oxyde que les briques ordinaires. D'autre part, mêlée en faible quantité à l'argile, la bauxite augmente la résistance aux changements brusques de température, l'alumine étant peu dilatable.

La découverte récente de procédés industriels pour la fusion de la bauxite semblait devoir lever les difficultés qui s'étaient opposées jusqu'ici à son emploi comme matière réfractaire. La fusion supprime, en effet, la porosité et le retrait. Les procédés de fusion employés sont au nombre de deux. Au four électrique, on obtient une variété d'alumine impure connue sous le nom d'*alundum;* la majeure partie de la silice et de l'oxyde de fer de la bauxite se sépare à l'état de siliciure de fer. Au cubilot, par le procédé Lecesne, on obtient la *corindite*, d'un prix de revient moindre, mais plus impure encore, puisqu'elle renferme la totalité du fer et de la silice du

(1) Séance du 8 septembre 1919.

(2) Voir *Revue de Métallurgie*, t. 13, 1916, p. 320.

minerai. Cette corindite se ramollit déjà à 1800°, tandis que l'alumine pure ne fond que bien au-dessus de 2000°. Agglomérée avec 10 pour 100 de kaolin, ou 10 pour 100 d'une solution de silicate de soude sirupeux étendu de son volume d'eau, la corindite donne des produits réfractaires qui ont le grand avantage de ne prendre aucun retrait jusqu'à 1600° et surtout de pouvoir être chauffés brusquement sans fendre. Cette matière convient merveilleusement pour la construction des petits fours de laboratoire. Nous avons pu porter à 1600° en 3 minutes des fours semblables sans aucune altération de l'enceinte. Dans les mêmes conditions, de la terre réfractaire argileuse aurait fendu dans toutes les directions.

Jusqu'ici, néanmoins, les tentatives faites pour employer la corindite dans la construction des fours d'aciéries ne semblent pas avoir réussi aussi bien, au moins en ce qui concerne les voûtes. Les briques de bauxite ne peuvent pas lutter avec les briques de silice, bien que la silice soit infiniment plus fusible que l'alumine.

Pour expliquer cette anomalie, nous avons cru devoir répéter sur ces matériaux des expériences de résistance à chaud, semblables à celles que nous avions déjà faites sur les produits réfractaires de silice, d'argile et de magnésie ([1]). Nous y avons joint, comme terme de comparaison, des mesures faites sur des produits à base de carborundum. Voici la composition chimique des produits employés :

	Brique de bauxite pure.	Corindite.	Carborundum.
Alumine	58,6	61,4	»
Oxyde de fer	5,2	5,7	6,1
Silice	29,5	24,0	12,9
Siliciure de carbone	»	»	79,2
Carbone libre	»	3,7	1,8
Titane	3,8	4,8	»
Non dosés	2,9	0,4	»
	100,0	100,0	100,0

La corindite et le carborundum grossièrement broyés laissaient sur les tamis les résidus suivants :

	Corindite.	Carborundum.
Refus à 80 mailles au centimètre carré	24	20
Entre 80 et 200 mailles au centimètre carré	27	40
Entre 200 et 5000 mailles au centimètre carré	22	27
Traverse le tamis à 5000 mailles	27	13
	100	100

([1]) *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 761; t. **165**, 1917, p. 218 et 488.

Les échantillons étudiés ont été :

1° Brique de bauxite pure, fabriquée industriellement, moulée sous pression et cuite à 1300° dans un grand four;

2° Aggloméré de corindite avec 10 pour 100 de bauxite crue;

3° Aggloméré de corindite avec 10 pour 100 de kaolin;

4° Aggloméré de corindite avec 2 pour 100 de solution de silicate sirupeux;

5° Aggloméré de corindite avec 6,5 pour 100 de silicate sirupeux;

6° Aggloméré de carborundum avec 10 pour 100 de kaolin.

Les mélanges pour agglomérés étaient additionnés de la quantité d'eau pure nécessaire pour donner une pâte plastique, puis moulés à la main et cuits pendant 3 heures, à 1200° pour la corindite et à 1400° pour le carborundum.

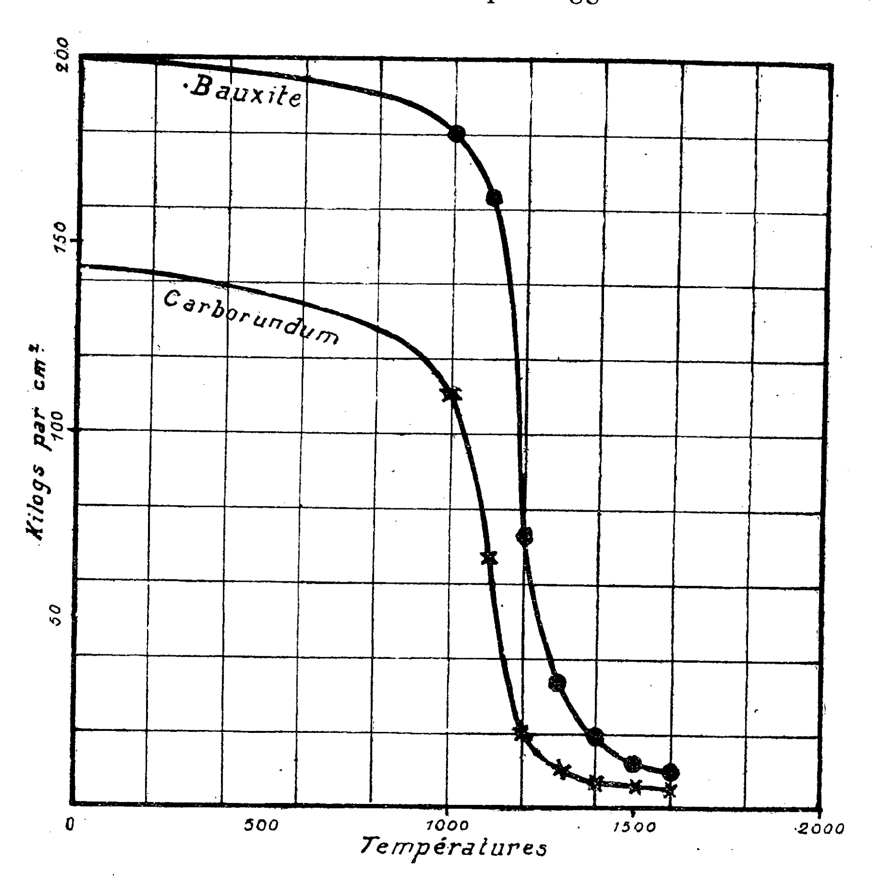
Les résistances à l'écrasement à chaud ont été mesurées avec l'appareil ayant servi à nos expériences précédentes. La vitesse de mise en charge était de $0^{kg},5$ par seconde. Les chiffres du tableau suivant donnent les résistances à l'écrasement en kilogrammes par centimètre carré. Les nombres entre parenthèses correspondent à des matières devenues plastiques, qui ne possèdent plus par conséquent de résistance à l'écrasement et cèdent d'une façon continue sous tout effort, si faible soit-il, la vitesse d'écrasement croissant avec la grandeur de cet effort. Les chiffres donnés ainsi indiquent la pression atteinte au moment où l'écrasement était de $\frac{1}{3}$ de la hauteur de l'échantillon, pour la vitesse de mise en charge indiquée plus haut, soit $0^{kg},5$ par seconde.

Échantillons.	20°.	1000°.	1200°.	1300°.	1400°.	1500°.	1600°.
1....	200	180	73	34	18	(12)	(10)
2....	43		5		(2)		
3....	55		15	9		(2)	
4....	25		(4)				
5....	41		(6)				
6....	143	110	19	(8)	(7)	(6)	(5)

Tous ces produits deviennent donc plastiques aux températures comprises entre 1200° et 1500°. C'est la raison pour laquelle ils ne peuvent servir à la construction des voûtes de four d'aciérie, dont la température dépasse 1600°. Le carborundum et l'alumine, complètement infusibles à ces températures, nagent dans un magma fondu qui permet à leurs grains de

glisser l'un contre l'autre; la masse n'a plus aucune cohésion. Aux mêmes températures, la silice, quoique bien plus fusible, résiste parfaitement parce que la cristallisation de la tridymite a donné naissance à un réseau au milieu duquel se loge le magma fondu sans modifier la continuité du réseau. L'alumine se comporte donc comme la magnésie; elle donne, malgré son infusibilité, des briques cédant facilement à chaud sous la pression.

On remarquera de plus sur le tableau que l'agglomération au silicate de



soude est moins avantageuse que l'agglomération au kaolin. Cependant pour les fours de laboratoire, dont les parois n'ont aucun effort à supporter, on peut, quand la température ne doit pas dépasser 1400°, avoir intérêt à employer le silicate comme agglomérant, parce qu'il donne déjà par simple dessiccation à froid une assez grande dureté. L'échantillon gâché avec

6,5 pour 100 de silicate avait à froid, avant cuisson, une résistance à l'écrasement de 15 kg : cm^2. Aussitôt secs, les fours sont assez solides pour pouvoir être manipulés sans crainte de rupture.

Pour la construction de ces fours, on prend un mélange humecté avec 10 pour 100 d'eau; on le pilonne dans une enveloppe extérieure en tôle autour d'un noyau en bois que l'on enlève aussitôt le moulage terminé. En pilonnant avec une tige de fer, on arrive facilement à une compression de la matière analogue à celle que donnerait une pression statique de 200 kg : cm^2. On peut mettre le four en service sans cuisson préalable. Nous obtenons la température de 1600° dans ces petits fours, en y brûlant au moyen d'un chalumeau soufflé 10^{m^3} de gaz d'éclairage à l'heure par litre de capacité du four. A partir de 1700°, la corindite se ramollit; elle doit céder le pas au carborundum, aggloméré au kaolin. Le liant employé et les impuretés du carborundum donnent un enduit superficiel fondu, complètement imperméable aux gaz, qui protège contre l'oxydation la masse intérieure de carborundum.

Nous sommes arrivés à obtenir des produits alumineux bien plus résistants à chaud que les précédents et, comme eux, ne craignant pas les chauffages brusques, en prenant de l'alumine pure et l'additionnant de la stricte quantité d'agglomérant nécessaire pour leur durcissement par cuisson. Nous avons employé l'alumine calcinée industriellement en vue de la fabrication de l'aluminium et avons constitué les mélanges suivants :

Alumine	80	90
Bauxite blanche	20	»
Kaolin	»	10
	100	100

Ces mélanges renferment chacun 95 pour 100 d'alumine. Soumis à une première cuisson, ils prennent un retrait énorme et se fendillent dans tous les sens. On calcine d'abord la matière à 1700°, on la concasse en sable grossier, on la réagglomère avec $\frac{1}{4}$ de son poids du même mélange cru, on la moule sous pression par pilonnage et enfin on la cuit à 1700°; on obtient ainsi des agglomérés qui ne commencent pas encore à se ramollir à 1600°; ils ont, à cette température, une résistance à l'écrasement de 20 à 40 kg : cm^2. C'est avec cette matière que nous avons fait tous les écraseurs qui nous ont servi dans nos expériences à chaud. Les produits de silice ne peuvent être employés, parce que le chauffage rapide, inévitable dans les expériences de laboratoire, les fait éclater. Dans l'allumage des fours d'aciérie, on met 8 jours pour atteindre la température de 1600°, tandis que nous ne mettons que 8 minutes dans nos expériences.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur le développement de la recherche scientifique aux États-Unis.* Note [1] de M. **Henry Le Chatelier.**

Je signalais ici même, il y a deux ans [2], la part prise par le Président Wilson dans la création du Conseil national de Recherches des États-Unis, organisé sur son désir par l'Académie des Sciences de Washington. Il s'agissait alors de demander à la science son concours pour la préparation de la guerre, de grouper toutes les forces scientifiques et techniques de la nation pour la défense de la civilisation.

Je voudrais signaler aujourd'hui un exemple non moins intéressant de la confiance que les Américains accordent aux méthodes scientifiques de travail. Il s'agit d'une initiative prise par la Fédération Américaine du Travail, la plus puissante des organisations ouvrières du monde entier. Cette association déclare que la recherche scientifique seule peut améliorer le bien-être général du pays; que c'est un devoir pour le Gouvernement d'apporter tout son concours aux études scientifiques et techniques.

Voici le texte de la délibération :

« A son dernier Congrès, tenu à Atlantic City, en juin 1919, la Fédération Américaine du Travail a adopté la résolution suivante :

« *Considérant* que la recherche scientifique et ses applications techniques » constituent une des bases essentielles du développement des industries » manufacturières, agricoles, minières et autres;

» *Considérant* que le rendement industriel est considérablement accru » par l'utilisation technique des résultats des recherches scientifiques relatives à la Physique, à la Chimie, à la Biologie, à la Géologie, à l'Art de » l'Ingénieur, à l'Agriculture et aux sciences connexes; que d'ailleurs le » développement général du bien-être résultant des progrès scientifiques » donne des avantages dépassant bien des fois les dépenses occasionnées » par les recherches correspondantes;

» *Considérant* que l'augmentation de la production industrielle résultant » de la recherche scientifique est un puissant facteur, dans la lutte tous » les jours plus vive menée par les travailleurs pour améliorer leurs conditions d'existence; que l'importance de ce facteur ira constamment en

(1) Séance du 8 septembre 1919

(2) *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 559.

» croissant, parce qu'il existe une limite supérieure des conditions » moyennes de vie de l'ensemble de la population, impossible à dépasser » tant qu'on se contente d'agir, comme on le fait aujourd'hui, sur les seuls » modes de répartition de la richesse; que la recherche scientifique peut au » contraire élever cette limite en intensifiant la production industrielle par » la mise en œuvre des résultats de la science;

» *Considérant* que le gouvernement fédéral, les gouvernements d'États et » les gouvernements locaux ont à résoudre nombre de problèmes impor- » tants et urgents, d'administration et de législation, dont la solution » dépend d'études scientifiques et techniques;

» *Considérant* que la guerre a fait comprendre aux nations belligérantes » l'influence prépondérante de la Science et de la Technique sur le bien- » être et la puissance de chaque pays, aussi bien en temps de guerre qu'en » temps de paix; que non seulement l'initiative privée essaie d'organiser » des recherches de grande envergure, intéressant le pays tout entier, mais » qu'en outre plusieurs gouvernements participent activement et viennent » en aide à de telles entreprises;

» *En conséquence*, la Fédération du Travail, réunie en congrès, déclare » qu'il est d'un intérêt majeur pour le bien-être de la nation d'aborder un » large programme de recherches scientifiques et techniques; que le gou- » vernement fédéral doit employer tous les moyens en son pouvoir pour » assurer la réalisation de ce programme; que l'intervention directe du » gouvernement dans l'accomplissement de ces recherches doit tendre à » en accroître l'étendue et l'importance au moyen de subventions géné- » reuses.

» La Fédération charge son secrétaire de transmettre cette résolution au Président des États-Unis, au Président *pro tempore* du Sénat et au Président de la Chambre des Représentants. »

Cette manifestation est d'autant plus significative qu'elle se produit dans celui des pays de l'Entente où la recherche scientifique est déjà le plus complètement et le plus efficacement organisée.

M. **Gaston Bonnier** fait hommage à l'Académie d'une Notice intitulée : *Albert Dastre*.

CORRESPONDANCE.

MM. **Henri Lebesgue**, **Louis Roule** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La probabilité dans les tirs de guerre*, par Jean Aubert. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

2° *Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Appareil de photorestitution*, par H. Roussilhe. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

3° *Les spectres numériques*, par Michel Petrovitch.

4° *Études de photochimie*, par Victor Henri. (Présenté par M. H. Deslandres.)

MÉCANIQUE. — *Au sujet de la période propre des conduites à caractéristique unique munies d'une poche d'air.* Note (¹) de M. **A. Foch**, présentée par M. Rateau.

Le calcul de la période propre des conduites à caractéristique unique, pourvues d'une poche d'air à l'extrémité aval, n'a été fait à ma connaissance que dans le cas d'oscillations d'ensemble. Il est aisé, en reprenant la méthode employée par M. Camichel pour les oscillations d'ensemble de grande amplitude, d'obtenir une formule donnant la période pour des poches d'air de volume quelconque.

Les équations d'Allievi, appliquées à une conduite de longueur L et où la vitesse de propagation des ondes est a, sont, en désignant par y et y_0 les pressions en mètres d'eau à l'instant t et à l'instant zéro, par v et v_0 les vitesses aux mêmes instants,

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} y &= y_0 + F(t) - F\left(t - \frac{2L}{a}\right), \\ v &= v_0 - \frac{g}{a}\left[F(t) + F\left(t - \frac{2L}{a}\right)\right]. \end{aligned} \right.$$

(¹) Séance du 8 septembre 1919.

Soient S la section de la poche d'air à sa jonction avec la conduite, u le volume de cette poche; l'équation de continuité s'écrit, dans le cas d'une fermeture complète brusque,

$$S v \, dt = du. \tag{2}$$

Admettons (première hypothèse) que le volume de la poche à l'instant t et la pression soient liés par la relation

$$u y^{\frac{1}{\gamma}} = \alpha, \tag{3}$$

γ étant un coefficient égal à 1 si la compression est isotherme, à $\frac{C}{c} = 1,41$ si elle est adiabatique, et ayant, c'est en cela que consiste l'hypothèse, une valeur intermédiaire (et fixe pour une conduite déterminée) dans la plupart des cas.

On déduit de (2) et de (3)

$$v = \frac{\alpha}{S} \frac{d}{dt}\left(y^{-\frac{1}{\gamma}}\right). \tag{4}$$

Quand le régime périodique est établi avec la pulsation $m = \frac{2\pi}{\Theta}$, on peut représenter la fonction $F(t)$ par le polynome de Fourier :

$$F(t) = A_0 + A_1 \sin(mt + \varphi_1) + A_2 \sin(2mt + \varphi_2)\ldots.$$

On admet (deuxième hypothèse) que l'on a un polynome, et non une série, de façon à pouvoir poser

$$\frac{dF(t)}{dt} = \Sigma pm A_p \cos(pmt + \varphi_p).$$

On a

$$y = y_0 + 2\Sigma A_p \cos\left[pm\left(t - \frac{L}{a}\right) + \varphi_p\right] \sin pm\frac{L}{a},$$

$$v = v_0 - \frac{2g}{a}\left\{A_0 + \Sigma A_p \sin\left[pm\left(t - \frac{L}{a}\right) + \varphi_p\right] \cos pm\frac{L}{a}\right\}.$$

Portant ces valeurs dans (4) et intégrant par rapport à t, on voit aisément que l'hypothèse de la périodicité entraîne

$$A_0 = \frac{a v_0}{2g}.$$

Si les oscillations sont de faible amplitude de façon qu'on puisse remplacer

$$(1 + x)^m \quad \text{par} \quad 1 + mx,$$

on peut écrire

$$(5)\qquad -\frac{2g}{a}\Sigma A_p \cos\frac{pmL}{a}\sin\left[pm\left(t-\frac{L}{a}\right)+\varphi_p\right]$$
$$=\frac{\alpha}{S}\frac{d}{dt}\left\{y_0+2\Sigma A_p \sin\frac{pmL}{a}\cos\left[pm\left(t-\frac{L}{a}\right)+\varphi_p\right]\right\}^{-\frac{1}{\gamma}}$$
$$=\frac{u_0}{S}\frac{d}{dt}\left\{1-\frac{2m}{\gamma y_0}\Sigma p A_p \sin pm\frac{L}{a}\cos\left[pm\left(t-\frac{L}{a}\right)+\varphi_p\right]\right\},$$

égalité qui entraîne

$$\cos pm\frac{L}{a}=\frac{pmu_0 a}{gSy_0\gamma}\sin pm\frac{L}{a}$$

pour *tous* les termes dont le coefficient A_p est différent de zéro.

Or, ces équations ne pouvant être *simultanément* satisfaites, il en résulte que tous les coefficients A_p sont nuls, sauf un que nous pouvons par suite supposer être A_1. *Les petites oscillations sont donc sinusoïdales.*

Nous avons donc

$$(6)\qquad m \operatorname{tang} m\frac{L}{a}=\frac{Sy_0 g\gamma}{au_0},$$

relation qui, pour u_0 nul, donne

$$\operatorname{tang} m\frac{L}{a}=\infty,\qquad \frac{2\pi}{\Theta}\frac{L}{a}=\frac{\pi}{2},\qquad \Theta=\frac{4L}{a};$$

on retrouve la période d'Allievi.

Si l'on peut considérer $m\frac{L}{a}$ comme petit, ce qui revient à dire que le temps $\frac{L}{a}$ nécessaire à un ébranlement pour parcourir la conduite est petit vis-à-vis de la période $\Theta=\frac{2\pi}{m}$ du mouvement d'oscillation, on peut écrire (6)

$$m^2\frac{L}{a}=\frac{Sy_0 g\gamma}{au_0},\qquad \Theta=2\pi\sqrt{\frac{u_0 L}{Sg\gamma y_0}}.$$

C'est l'expression du mouvement d'oscillation en masse donnée par M. Rateau.

Voici quelques résultats d'expérience obtenus avec une conduite pour laquelle

$$K=\frac{Sy_0 gL}{a^2}=14,8\times 10^{-5}\ \text{m}^3.$$

Posant

$$\frac{mL}{a}=x,$$

on doit vérifier que $u_0 x \operatorname{tang} x$ est constant. Or on trouve :

$v_0 = u_0 \times \frac{27,3}{10,3}$ cm³.	Θ.	$u_0 x \operatorname{tang} x \times 10^5$.
3030	2,435	16,3
1700	1,80	17,1
730	1,24	17,0
290	0,867	17,25

La moyenne des résultats obtenus avec cette conduite donne, pour $u_0 x \operatorname{tang} x$, la valeur $16,9 \times 10^{-5}$ m³, ce qui conduit à 1,12 pour la valeur de γ dans la poche en expérience.

La légitimité des hypothèses faites et les applications des diverses formules précédentes aux coups de bélier dans les basses chutes seront étudiées ailleurs.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Metcalf et Borrelly, faites à l'Observatoire de Bordeaux (équatorial de* 0m,38). Note de MM. **L. Picart** et **Courty**, transmise par M. B. Baillaud.

Comète Metcalf.

Date. 1919.	★.	✱—★. ΔÆ.	✱—★. ΔP.	Nombre de comp.	Gr.
		m s	′ ″		
Août 23......	1	−1.34,60	−7.29,2	20:5	9,0

Position apparente de la comète.

Dates. 1919.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascens. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Août 23....	10.15.31,1	22.46. 7,51	$\bar{1}$,459$_n$	59.35. 0,6	0,449$_n$

Comète Borrelly.

Dates. 1919.	★.	✱—★. ΔÆ.	✱—★. ΔP.	Nombre de comp.	Gr.
		m s	′ ″		
Août 31......	2	−2. 2,21	−3.21,9	16:4	9,5
Sept. 1.....	3	−3.20,95	−1.53,1	20:5	10,0
» 4.....	4	+1. 1,04	−1.26,0	24:6	10,5

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1919.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascens. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Août 31.....	9.53.35,6	14.16.41,72	$\bar{1}$,662	66.19.35,5	$0,773_n$
Sept. 1.....	9. 5.13,3	14.18.51,60	$\bar{1}$,657	66.46.33,2	$0,731_n$
» 4.....	9. 4. 3,0	14.23.46,95	$\bar{1}$,654	68. 1.23,4	$0,741_n$

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Ascens. droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
1.......	22.47.37,87	+4,24	59.42.53,3	−23,5	A.G.Z. Cambridge, 13734
2.......	14.18.42,88	+1,05	66.22.56,8	+ 0,6	Cat. phot. Obs. Paris, t. I, cliché 261, n° 132
3.......	14.22.10,69	+1,86	66.48.26,4	+ 0,5	A.G.Z. Berlin B., 5076
4.......	14.22.45,05	+1,86	68. 2.49,9	+ 0,4	A.G.Z. Berlin B., 5081

L'observation de la comète Metcalf a été faite par M. Courty, celles de la comète Borrelly par M. L. Picart.

ASTRONOMIE. — *Suite des observations des comètes Borrelly et Metcalf (1919 b) faites à l'Observatoire de Bordeaux.* Note de MM. **L. Picart** et **F. Courty**, transmise par M. B. Baillaud.

Comète Borrelly

(Équatorial de 0^m,38 d'ouverture), Observateur : L. Picart.

Dates 1919.	★.	✶ — ★. ΔR.	✶ — ★. ΔP.	Nombre de compar.	Grandeur.
		m s	′ ″		
Sept. 5..........	1	+2.43,88	+5. 5,2	20:5	9,0
» 9..........	2	−0.52,44	−3.13,8	24:6	»
» 10..........	3	−2.29,15	−4.33,6	24:6	»
» 11..........	4	−1.27,79	−5. 3,4	24:6	»

Positions apparentes de la comète.

Dates 1919.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Sept. 5......	8.56.47,8	14.25.50,52	+$\bar{1}$,652	68.27.58,6	−0,738
» 9......	8. 7.27,5	14.32.58,32	+$\bar{1}$,640	70.11.39,0	−0,724
» 10......	8.17.49,4	14.34.49,51	+$\bar{1}$,636	70.39.12,8	−0,727
» 11......	7.53.15,6	14.36.40,16	+$\bar{1}$,618	71. 4.23,7	−0,719

COMÈTE METCALF

(lunette pointeur de l'équatorial photographique de $0^m,19$ d'ouverture),
Observateur : F. Courty.

Dates 1919.	★.	✱ — ★. ΔR.	✱ — ★. ΔP.	Nombre de compar.	Grandeur.
		m s	′ ″		
Sept. 9...........	5	−6.54,39	−16.13,1	6:6	7,0
» 10...........	6	−5. 8,04	− 5.40,9	6:6	»
» 11...........	7	+0.49,65	− 0.59,0	10:5	»

Positions apparentes de la comète.

Dates 1919.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Sept. 9......	8.45.14,5	14.25.41,38	+0,137	17.47.38,3	−0,059
» 10......	8.35.19,4	13.48.19,47	+0,071	21. 0.24,0	−0,294
» 11......	8.17.39,3	13.22.28,94	+0,012	24.20.39,1	−0,515

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Ascens. droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
1....	14.23. 4,69	+1,95	68.22.51,0	+2,4	Cat. photog. Obs. Paris, t. III; cliché 1428, n° 138.
2....	14.33.48,88	+1,88	70.14.52,4	+0,4	Cat. Abbadia, n° 7627.
3....	14.37.16,78	+1,88	70.43.46,0	+0,4	Cat. Abbadia (zone photog. de Paris), n° 7648.
4....	14.38. 6,08	+1,87	71. 9.26,8	+0,3	Cat. Abbadia (zone photog. de Paris), n° 7657.
5....	14.32.38,46	−2,69	18. 3.54,4	−3,0	A.G.Z. Berlin C, n° 1976.
6....	13.53.29,34	−1,83	21. 6. 3,5	+1,4	A.G.Z. Christiania, n° 2078.
7....	13.21.40,29	−1,00	24.21.33,2	+4,9	A.G.Z. Christiania, n° 2003.

ASTRONOMIE. — *Éléments et éphéméride de la comète* 1919*c* (Borrelly). Note de M. H. VANDERLINDEN, transmise par M. B. Baillaud.

En me basant sur une observation du 24 août de M. Barnard (Yerkes Observatory) et deux observations que j'ai effectuées respectivement le 30 août et le 5 septembre, j'ai calculé, par la méthode de Leuschner, les éléments paraboliques suivants :

T = 1919, décembre 7, 27208, temps moyen de Greenwich ;

$$\left.\begin{aligned} \Omega &= 120^\circ 59' 14'' \\ \omega &= 185.49.37 \\ i &= 46.23.30 \end{aligned}\right\} \text{Écliptique et équinoxe moyens de 1919,0,}$$

$\log q = 0{,}046698.$

Les lieux extrêmes sont représentés de la manière suivante :

	1.	3.
$\Delta\alpha\cos\delta$ (O — C).............	—3″	—2″
$\Delta\delta$ (O — C).............	—5″	—1″

Des éléments précédents et des constantes pour l'équateur :

$$x = r\,[9{,}894328]\sin(46^\circ 52' 26'' + v),$$
$$y = r\,[9{,}999005]\sin(313.48.\ 9 + v),$$
$$z = r\,[9{,}795457]\sin(218.56.43 + v),$$

j'ai déduit l'éphéméride suivante, pour 12^h, temps moyen de Greenwich :

Dates. 1919.	α vraie.	δ vraie.	Log r.	Log ρ.	Grandeur.
	h m s	° ′			
Septembre 14...	14.42.47	+17.29,5	0,23424	0,33871	8,9
16...	46.43	16.34,6			
18...	50.45	15.38,9	0,22302	0,33394	8,9
20...	54.52	14.42,5			
22...	14.59. 4	13.45,5	0,21165	0,32914	8,8
24...	15. 3.20	12.47,8			
26...	7.42	11.49,5	0,20015	0,32436	8,8
28...	12. 9	10.50,5			
30...	16.41	9.50,8	0,18856	0,31964	8,8
Octobre 2...	21.18	8.50,5			
4...	26. 1	7.49,6	0,17690	0,31498	8,7
6...	30.49	6.48,1			
8...	35.42	5.46,0	0,16522	0,31045	8,7
10...	40.41	4.43,4			
12...	45.45	3.40,2	0,15357	0,30607	8,7
14...	15.50 55	+2.36,5			

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la trempe de certains alliages d'aluminium.* Note [1] de MM. **Léon Guillet, Jean Durand** et **Jean Galibourg**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Certains alliages d'aluminium, possédant des propriétés très remarquables, ont pris, pendant la guerre, un développement considérable. Ces alliages, connus généralement sous le nom de *duralumin*, ont une compo-

---

[1] Séance du 25 août 1919.

sition assez variable; voici, à titre d'exemple, une de ces compositions :

$$\mathrm{Al} = 93,9; \quad \mathrm{Cu} = 3,70; \quad \mathrm{Mn} = 0,61; \quad \mathrm{Zn} = 0,25; \quad \mathrm{Mg} = 0,43;$$
$$\mathrm{Si} = 0,58; \quad \mathrm{Fe} = 0,53.$$

Tel qu'on le trouve dans le commerce, cet alliage possède les caractéristiques suivantes :

Traction : $R = 36^{kg}$ à 40^{kg}, $E = 20^{kg}$ à 24^{kg}, A % = 20 à 22, $\Sigma = 35$ à 38.
Choc : $\rho = 4$ à 5,5. Dureté (1) : $\Delta = 86$ à 93.

Ces propriétés sont dues principalement aux modifications apportées, dans le métal, par une trempe très particulière : le métal porté à 450° est brusquement refroidi dans l'eau, puis abandonné à lui-même pendant un certain temps. La trempe seule ne modifie pas sensiblement les propriétés du métal recuit.

Métal recuit :

$R = 27^{kg}$ à 30^{kg}; $E = 10^{kg}$ à 14^{kg}; A % = 20 à 22; $\Sigma = 43$ à 45; $\rho = 7$ à 8; $\Delta = 63$ à 68;

Métal trempé (2) :

$R = 25^{kg}$ à 29^{kg}; $E = 10^{kg}$ à 12^{kg}; A % = 22 à 23; $\Sigma = 41$ à 45; $\rho = 8$ à 9; $\Delta = 59$ à 67.

Mais, après un certain temps de repos, on note une élévation notable de la charge de rupture, de la limite élastique et de la dureté, avec une faible variation de l'allongement et de la striction, ainsi que le montrent les caractéristiques précédentes.

C'est le seul exemple actuellement connu de telles modifications apportées par le temps aux propriétés d'un métal trempé.

Nous avons cherché à approfondir le phénomène ainsi défini en précisant, avant tout, l'existence d'un point de transformation : nous n'avons pu la mettre en évidence ni par la méthode différentielle de refroidissement, ni par la mesure de la dilatation, mais nous avons précisé la température de trempe qu'il fallait atteindre pour que la variation des propriétés mécaniques se fît sentir après un certain temps de repos :

---

(1) Chiffre de Brinell sous 500^{kg}, avec bille de 10^{mm}.
(2) Aussitôt après la trempe.

Température de trempe.	Dureté avant trempe (métal recuit).	aussitôt après trempe.	après 1h.	après 24h.	après 48h.
300°	65	61	61	61	61
400	65	61	61	61	61
450	65	61	61	65	93
500	65	61	61	86	93

Le point de transformation se trouve donc entre 400° et 450°; on notera, de plus, que dans les limites précédentes, la dureté finale ne dépend pas de la température de trempe.

La théorie qui nous paraissait la plus probable, *a priori*, était la suivante: la trempe, effectuée à une température supérieure à 400°-450°, a pour effet de maintenir intégralement l'état stable à chaud, mais, à la température ordinaire, il s'effectue une transformation avec retour partiel vers l'état stable à froid.

S'il n'a pas été possible de mettre en évidence de différence de structure entre le métal recuit et le métal trempé, les expériences suivantes confirment pleinement la théorie énoncée.

En effet, puisque le revenu du métal se fait sentir dès la température ordinaire, si le métal est trempé et maintenu, après trempe, à très basse température, sa dureté ne doit pas varier avec le temps. En fait, par trempe à 450° dans l'air liquide, et en maintenant le métal dans l'air liquide, nous avons obtenu les résultats suivants :

Dureté avant trempe (métal recuit).	aussitôt après trempe.	après 24h.	après 48h.	après 72h.	après 96h.
65	61	61	61	61	61

A noter qu'après 96 heures d'immersion dans l'air liquide, le métal maintenu à 15° a atteint, au bout de 48 heures, la dureté normale de 93.

D'autre part, puisque la dureté maximum peut être acquise par un revenu prolongé à la température ordinaire, la même dureté doit pouvoir être obtenue d'autant plus rapidement que la température de revenu est plus élevée (à condition de rester dans certaines limites). Les chiffres suivants appuient très nettement cette thèse :

Température de revenu après trempe.	Dureté après une durée de revenu de : 0h.	1h.	6h.	24h.	48h.
15°	61	61	61	65	93
50	61	73	80	77	86
100	57	70	71	83	83
200	57	77	93	93	93
300	61	54	53	53	53

En résumé, le maintien à basse température, après trempe, empêche le métal de reprendre sa dureté par revenu; le maximum de dureté est atteint d'autant plus rapidement que la température de revenu se rapproche plus de 200°.

On peut donc admettre que la trempe des alliages connus sous le nom de *Duralumin* produit le maintien de l'état stable à température élevée et que la dureté est acquise par un revenu qui peut se produire dès la température ordinaire, mais dont la vitesse est augmentée par une élévation de température ne dépassant pas 200°.

Il existe donc, entre le mécanisme de la trempe de cet alliage et celle des aciers, un parallélisme frappant.

Nous poursuivons cette étude afin de préciser quels sont les constituants qui permettent à ces alliages d'acquérir les propriétés dont nous venons d'exposer les causes.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les fructifications du* Sphenopteris herbacea *Boulay*. Note (¹) de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le *Sphenopteris herbacea* Boulay, sans être commun, n'est pas rare dans le bassin houiller franco-belge; cependant, jusqu'à présent, on n'en connaît pas les fructifications.

D. Stur a bien signalé, dès 1885, la tendance marquée de certaines pinnules à raccourcir et renfler leurs lobes, mais, en l'absence de sporanges, il n'a pu que provisoirement placer le *Sphenopteris herbacea* près du *Sph. Crepini* Zeiller dans son genre *Sorotheca* (= *Crossotheca* Zeiller).

En 1886, R. Zeiller a décrit les sporanges de la même espèce comme

(¹) Séance du 8 septembre 1919.

réunis par groupes au sommet des lobes, d'après un fragment de penne fertile mal conservé et dont l'attribution au *Sph. herbacea* demeure douteuse.

L'opinion des deux paléobotanistes est très différente : pour Stur le *Sph. herbacea* se rattacherait au genre *Crossetheca*, et pour Zeiller au genre *Hymenophyllites* (¹).

Au cours d'excursions effectuées en 1913 et en 1919 dans la région de Denain (Nord), j'ai découvert, à la fosse de Rœulx des mines d'Anzin, des portions stériles et fertiles du *Sph. herbacea*, avec tous les passages des unes aux autres.

Les pinnules fertiles ont les lobes réduits, même parfois linéaires; les sporanges ou microsporanges sont ovoïdes, subpiriformes, et certains apparaissent comme légèrement dissymétriques; leur longueur varie de $0,8^{mm}$ à $0,12^{mm}$; ils sont attachés le long des lobes par leur extrémité amincie, et leur région distale offre une dépression circulaire, ce qui paraît plaider en faveur d'une déhiscence poricide; la surface de leur paroi est ornée d'un réseau à mailles allongées, sans trace de ligne de déhiscence ou d'anneau. Somme toute, ces sporanges ressemblent à ceux de *Urnatopteris tenella* Kidston gen. Brongniart sp.

Cette dernière espèce est bien plus grêle et plus délicate dans toutes ses parties que la plante dont il est question. De plus, la plaque schisteuse qui porte le spécimen-type du *Sph. herbacea* Boulay (²) montre, à son revers, des portions de frondes fertiles identiques à celles qu'on vient de décrire.

Le *Sphenopteris herbacea* rentre donc dans le genre *Urnatopteris* de Kidston. S'agit-il là de sporanges de *Fougères* ou de microsporanges de *Ptéridospermées*, j'inclinerais plutôt avec M. Kidston vers la seconde opinion. En effet, les inflorescences ressemblent beaucoup à celles des *Archæoptéridées*, et, d'autre part, des petites graines de genre *Gnetopsis*, dont l'attribution reste à trouver parmi les *Ptéridospermées*, ont été remarquées en association étroite avec le *Sph. herbacea* (³), et, chez une espèce très voisine, le

---

(¹) STÜR, *Zur Morph. u. Syst. d. Culm u. Carbon-Farne*, 1883, p. 178; *Carbon-Flora*, I, 1885, p. 279, pl. XXXIV, fig. 4-8. — R. ZEILLER, *Bassin houiller de Valenciennes : Flore fossile*, 1888, p. 106, 107; pl. VI, fig. 4; pl. VII, fig. 3-4.

(²) Cf. N. BOULAY, *Terrain houiller du nord de la France*, 1876, pl. I, fig. 5.

(³) Ces graines et ces fructifications ont été décrites en 1913 : Cf. G. DEPAPE et A. CARPENTIER, *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. 42, p. 294-301, pl. XII.

Sphenopteris incurva du Westphalien d'Écosse, M. R. Kidston a fait connaître la transformation spéciale des pinnules terminales en lobes géminés, recourbés, délimitant une cavité où devait s'abriter un organe disparu [1].

BOTANIQUE. — *Sur la stabilité et l'hérédité des* Cratægomespilus *et des* Pirocydonia. Note [2] de M. LUCIEN DANIEL, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les *Cratægomespilus* sont des hybrides de greffe entre Néflier et Épine blanche, nés sur le bourrelet de la greffe; on en connaît aujourd'hui trois exemplaires : le Néflier de Bronvaux, le Néflier de Saujon et le Néflier de Tompa [3]. Depuis 1898, je cultive et étudie les deux formes de Néflier de Bronvaux greffées sur Épine blanche. Pendant une quinzaine d'années, leur stabilité fut parfaite; puis, sans cause apparente, les deux formes donnèrent des retours à l'Épine blanche pure, rares chez la forme voisine de l'Épine, assez nombreux et variés dans l'autre. Aujourd'hui, sur la forme voisine du Néflier, on peut observer, disposés en mosaïque, cinq types distincts : le Néflier à gros fruits rappelant le greffon et le Néflier sauvage, tous deux à fleurs sessiles et solitaires; l'hybride de greffe à inflorescences polymorphes en corymbe et à fleurs de Néflier; l'hybride de greffe à feuilles velues, à inflorescences velues en corymbe, à fleurs d'Épine et à petites nèfles; enfin l'Épine blanche pure. La disjonction n'est complète que pour ces deux derniers types. Les pousses de Néflier à gros fruits ou de Néflier sauvage, multipliées par greffe, redonnent des pousses hybrides de greffe à fleurs ayant 2-5 styles, tantôt solitaires, tantôt géminées ou en corymbe, sessiles ou portées par un pédoncule de longueur plus ou moins grande. Quelques fleurs sont à périanthe tétramère. Les fruits des trois premiers types sont très variables comme forme et grosseur. L'œil est énorme en général; les sépales du calice peuvent persister en s'allongeant en lames feuillées ou en conservant la taille ordinaire; dans d'autres cas, ils se réduisent comme chez l'Épine et même disparaissent totalement. Fait curieux, un même fruit peut être formé de carpelles et de sépales se com-

---

(1) R. KIDSTON, *Contributions to our knowledge of british palæozoic plants*, Part I (*Trans. Royal Soc. Edinburgh*, vol. 51, 1916, Part III, p. 709-710; pl. III, fig. 1, 1*a*; text-fig. 1).

(2) Séance du 8 septembre 1919.

(3) ANGELO MANARESI, *Un nuovo ibrido d'innesto*. Modena, 1915.

portant différemment; le blettissement, en particulier, peut ne pas se faire au même moment ou de la même façon. Les noyaux, en apparence bien conformés, contiennent des graines avortées à des degrés divers, qui n'ont jamais germé jusqu'ici.

Les disjonctions morphologiques sont accompagnées de disjonctions physiologiques. Les bourgeons, lors de la pousse, ne s'ouvrent pas dans un ordre régulier comme chez les espèces parentes; leur précocité est différente suivant les rameaux quand ceux-ci sont égaux et comparables sous tous rapports comme situation. Sur un même rameau, les uns avortent, d'autres se développent vigoureusement sans raison apparente. Il en est de même pour les fleurs qui s'épanouissent tantôt de bonne heure, tantôt tardivement, tantôt à l'époque normale de floraison du Néflier. En un mot, les bourgeons à bois ou à fleurs, les fruits, les pousses se comportent comme si chaque organe avait tendance à conserver sa propre individualité mitigée à des degrés divers par ses attaches symbiotiques avec l'ensemble dont il fait partie. Ces phénomènes sont beaucoup moins accentués chez la forme hybride voisine de l'Épine blanche, dont la stabilité est plus grande jusqu'ici.

Je cultive, depuis 1909, les deux formes du Néflier de Saujon, également greffées sur Épine blanche. La stabilité et l'hérédité diffèrent sensiblement de celles du Néflier de Bronvaux, tout en présentant des caractères communs. Sur la forme voisine du Néflier, on trouve trois types : le Néflier à gros fruits, le Néflier sauvage et la forme hybride, tous les trois inermes. La mosaïque physiologique est moins marquée et il n'y a pas eu jusqu'ici disjonction complète des formes parentes. Au contraire, chez la forme voisine de l'Épine, cette disjonction s'est produite dès la première année de greffe et elle s'est continuée en donnant, contrairement à l'hypothèse de Johannsen, une variété particulière d'Épine, le *Cratægomespilus Rivieri*, qui a conservé de l'hybride la disposition pleureuse, la petitesse des fleurs à périanthe pentamère ou tétramère, la forme moins découpée des feuilles et la teinte pâle. Le reste de l'hybride de greffe donne des corymbes velus d'apparence normale. Cependant les fleurs s'atrophient; les pétales, très courts, s'ouvrent mal; les étamines restent courbées sur le pistil ou ne se redressent qu'exceptionnellement; les anthères sont vides ou contiennent du pollen mal conformé; le pistil n'a que des ovules avortés à des degrés divers; le style est cylindrique, quelquefois en massue, mais dépourvu de son disque stigmatique. Cette forme est devenue stérile en même temps qu'instable.

Les *Pirocydonia* ne donnent lieu à aucune disjonction de caractères. Ils sont au nombre de deux : le *Pirocydonia Danieli*, hybride intermédiaire, né sur le bourrelet de la greffe, et le *Pirocydonia Winkleri*, hybride renforcé et intermédiaire à la fois, né sur une racine du sujet à 15^{cm} au-dessous du bourrelet, ce qui est particulièrement intéressant. Je cultive le premier depuis 1902; j'ai utilisé tous les moyens connus pour le faire fleurir, cela sans succès; tous les ans, il change d'ontogénie, c'est-à-dire qu'il a l'aspect du Coignassier au printemps et celui du Poirier à l'automne; de courts rameaux ont à leur extrémité des bourgeons arrondis plus gros rappelant des bourgeons à fleurs; ils n'ont jusqu'ici donné que des feuilles. Cet hybride se greffe avec une égale facilité sur Poirier et sur Coignassier; j'ai remarqué une accentuation des caractères Poirier à la suite de sa greffe sur Poirier. Le *Pirocydonia Winkleri* que je cultive depuis 6 ans seulement reprend très facilement par bouture et se greffe sur Coignassier. Jusqu'ici il ne m'a donné que des bourgeons à bois et a toutes les allures d'une plante entièrement stérile. Il est très ornemental par la couleur blanchâtre de ses feuilles et sa forme naine en boule.

En résumé, les *Cratœgomespilus* ont une stabilité incomplète et présentent à des degrés divers la disjonction des caractères parentaux, morphologiques et physiologiques; bien qu'en apparence bien conformés au point de vue sexuel, ils sont stériles : ce sont des mulets de greffe. Les *Pirocydonia* sont au contraire stables, mais chez eux la sexualité semble avoir totalement disparu.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Résistance des agents vivants intra-cellulaires à l'action de certaines substances chimiques*. Note [1] de M. V. **Galippe**, présentée par M. Yves Delage.

Nos premières expériences ont porté sur des viandes de boucherie soit contaminées, soit recueillies aseptiquement. De telles viandes furent mises en contact avec du chloroforme. Après dix-sept mois, les fragments de tissu musculaire, appartenant à la première catégorie, furent ensemencés avec des résultats positifs. On y retrouva vivants les microrganismes qui existaient dans la viande avant l'action du chloroforme.

La viande avait laissé exsuder une certaine quantité de liquide qui, lui-même, était peuplé de microrganismes vivants.

---

[1] Séance du 8 septembre 1919.

Sous l'influence du chloroforme, le suc de viande se coagule, mais les organismes qu'il contenait conservaient encore leur vitalité après deux années.

J'ai démontré que le tissu musculaire ayant subi des attritions violentes s'altère avec la plus grande facilité. Après vingt-deux mois de contact avec le chloroforme, de la viande ainsi traitée ne s'était pas putréfiée. Ensemencée, elle a donné des résultats positifs. Examinée, après dilacération et coloration, on constata que le tissu musculaire avait perdu sa striation; il renfermait un grand nombre de microzymas évoluant vers la forme ovoïde, des bâtonnets non colorables, doués de mouvements très vifs. Il s'était même formé à la surface de la viande des concrétions constituées par des microrganismes et des aiguilles cristallines, conformément aux données expérimentales que j'avais formulées en 1886. Certaines formes microbiennes peuvent se modifier au contact du chloroforme, mais les microzymas et les bacilles ovoïdes ne paraissent aucunement en souffrir.

Nous avons démontré que de la viande recueillie aseptiquement pouvait se conserver très longtemps sans altération. Après seize mois de contact, une telle viande ne décelait d'autre odeur que celle du chloroforme. L'examen direct montra qu'elle ne renfermait qu'un grand nombre de microzymas et de bacilles ovoïdes. Ensemencée, cette viande ne donna naissance qu'à des bacilles ovoïdes normaux. Après vingt mois de séjour dans le chloroforme, des fragments de cette viande, ensemencés, donnèrent des résultats identiques. L'examen du tissu musculaire pratiqué à cette époque montra qu'il avait en grande partie conservé sa striation et renfermait un nombre considérable de microzymas réfringents, doués de mouvements de contractilité, ainsi que des bâtonnets. Il semble bien que, dans cette expérience, nous nous sommes trouvés uniquement en présence de phénomènes dus à la *microbiose*, tandis que, dans les précédentes, les agents de contamination de la viande avaient joué un rôle prépondérant. Une nouvelle série d'expériences a porté sur des nerfs, des vaisseaux, des tendons recueillis aseptiquement et conservés en tubes scellés soit dans de la glycérine au tiers, soit dans de l'alcool à 70e.

Depuis les belles recherches de MM. Nageotte et Sincert, ces fragments d'organes sont employés en chirurgie avec les plus grands succès. Il était permis de prévoir que, dans ces conditions, nous aurions surtout affaire aux manifestations de la *microbiose*, réserve faite pour le parasitisme normal ou accidentel, avec lequel il faut toujours compter. Nos premières recherches ont porté sur des nerfs de veau conservés depuis près d'une année en tubes

scellés dans de la glycérine au tiers. Dans cette expérience comme dans celles qui vont suivre, nous avons débarrassé les organes du liquide qui les imprégnait en les faisant baigner dans de l'eau distillée venant d'être stérilisée et nous les avons ensuite traités d'après le procédé que nous avons fait connaître en 1891.

Avec les nerfs de veau nous avons pu cultiver les organismes fondamentaux qu'ils renfermaient, ceux-ci ayant évolué dans les cellules mêmes, soit dans les milieux de culture (microzymas, bacilles ovoïdes, bâtonnets) et parfois des formes mitochondriales.

Une autre série d'expériences a porté sur un tendon, un vaisseau, un nerf, recueillis aseptiquement et conservés depuis deux mois en tubes scellés, contenant de l'alcool à 70^c.

Nos ensemencements nous ont donné des résultats positifs et comparables entre eux, avec certaines particularités négligeables et imputables à la diversité des milieux de culture employés. Là, encore, nous avons retrouvé des microzymas, des bacilles ovoïdes et des bâtonnets de même origine. Les ensemencements du vaisseau nous ont donné des résultats très comparables, avec cette particularité que dans un des appareils il s'est développé des colonies d'un rose vif constituées par de nombreux bâtonnets doués de mouvements rapides et que nous considérons comme d'origine parasitaire. Dans un autre appareil conservé à l'abri de toute cause de contamination, il s'est développé après un mois de séjour à l'étuve un champignon microscopique imparfait se rapprochant des *Aspergillus* et des *Penicillium* mais plus voisin de ces derniers. Ce champignon était certainement aussi de même origine.

Un nerf sciatique traité dans les mêmes conditions ne donna que très tardivement des résultats positifs. Cela tient à ce que l'évolution de sa *microbiose* s'était faite surtout à l'intérieur du nerf et que les microrganismes n'avaient atteint que difficilement le milieu de culture.

Nous devons signaler toutefois dans cette expérience une particularité tout à fait exceptionnelle. Dans un des appareils de culture, il s'est développé, quatre jours après l'ensemencement et à l'intérieur du fragment de nerf, une sorte de fongosité très résistante de la grosseur d'un petit grain de maïs et qui avait fait hernie à la surface. Cette fongosité était constituée par des tubes mycéliens non cloisonnés et portant des expansions latérales. Il n'a pas été possible d'obtenir d'organes de fructification et, partant, de déterminer ce champignon.

Nous avons institué trois séries d'expériences sur des sciatiques de veau,

ayant appartenu à des animaux différents, recueillis aseptiquement et conservés en tubes scellés dans de l'alcool à 70° pendant un temps variant entre un mois et demi et deux mois. Les ensemencements pratiqués à des époques différentes ont donné des résultats positifs et identiques [1].

En raison de la méconnaissance presque générale de la *microbiose* et de ses manifestations, un malentendu des plus graves persiste dans les esprits. Il a pour origine des conceptions anciennes que même les nombreux travaux publiés sur la présence de mitochondries dans tous les organes ont à peine ébranlées. Il consiste à considérer comme septiques les tissus renfermant des formes microbiennes. Le caractère absolu de cette conception constitue une erreur matérielle des plus regrettable et fausse complètement les idées sur la signification réelle de l'asepticité et de la septicité des tissus. Or, les microzymas font partie intégrante de la cellule et ne sauraient conférer aux tissus un caractère de septicité qu'ils ne possèdent pas eux-mêmes, quand ils proviennent d'un organisme sain. En dépit de quelques insuccès, dus sans doute à des causes accidentelles, les brillants résultats obtenus en chirurgie par l'emploi des greffes en sont une preuve irréfutable.

Et cependant ces greffes ne sont pas mortes au sens absolu du mot, puisqu'elles renferment des éléments vivants capables d'évoluer *in situ* ou dans des milieux de culture appropriés, ainsi que le démontrent nos expériences.

Ni la glycérine, ni l'alcool, ni le chloroforme, ni le temps, ne détruisent les microzymas des tissus. Ces différents facteurs peuvent seulement diminuer ou suspendre leur activité. Ils sont doués de pérennité. MM. Bourquelot et Bridel ont fait des constatations concordantes (1911-1913) en ce qui regarde l'action de certains alcools sur l'émulsine et l'invertine.

---

(1) Ces expériences ont été faites avec le concours de Mme G. Souffland.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Nouvelles recherches sur l'action inhibitrice exercée par le sperme de Mollusque sur la fécondation de l'œuf d'oursin.* Note [1] de M. **Maurice Herlant**, présentée par M. Yves Delage.

En 1911, Godlewski [2] découvrit que le sperme de *Chætopterus* ou de *Dentalium*, mélangé au sperme d'oursin, inhibe, après quelques minutes de contact, le pouvoir fécondant de ce dernier. Comme, d'autre part, le sperme de *Chætopterus* possède également, dans certaines conditions, le pouvoir d'activer l'œuf d'oursin (fécondation hétérogène), et que ce pouvoir disparaît en présence du sperme légitime, il donna à ce phénomène le nom d'« antagonisme des spermes provenant d'espèces différentes ».

J'ai repris l'étude de ce fait en 1912 [3] et ai pu renouveler l'observation de Godlewski en mélangeant au sperme de *Paracentrotus lividus* le sperme de toute une série d'espèces de Mollusques (*Patella, Mytilus, Tapes, Achontochites,* etc.). Ces premières recherches ne me permirent pas de préciser le mécanisme de cette action inhibitrice. Je conclus toutefois de mes expériences qu'il s'agissait sans doute d'un phénomène purement humoral, les deux spermes réagissant l'un sur l'autre pour donner naissance à une substance hypothétique ayant pour effet d'empêcher la fécondation.

De nouvelles recherches, poursuivies cet été à la Station biologique de Roscoff, m'ont permis d'apporter à l'étude de cette question un peu plus de précision. Je me suis cette fois limité à l'analyse du pouvoir fécondant du sperme de *Paracentrotus* par le sperme de *Mytilus*. Il suffit, pour l'observer, d'ajouter à 10 gouttes d'une suspension de sperme de *Mytilus* 10 gouttes d'une suspension de sperme de *Paracentrotus* ayant, autant que possible, la même concentration. On mélange les deux liquides intimement, puis on laisse reposer. Au bout de 5 à 10 minutes, on constate que les spermatozoïdes de *Paracentrotus*, reconnaissables à leur forme particulière, sont agglutinés en petits amas, tout en restant, d'ailleurs, bien vivants. Les spermatozoïdes de *Mytilus*, au contraire, sont libres et nagent avec vigueur. Si l'on ajoute des œufs mûrs de *Paracentrotus* à ce mélange,

---

(1) Séance du 1er septembre 1919.
(2) *Arch. f. Entw.-Mech.*, Bd 33, 1911.
(3) *Anat. Anz.*, Bd 42, 1912.

aucune fécondation ne se produit, les spermatozoïdes de *Paracentrotus* étant en quelque sorte pris par la queue et retenus à l'extérieur du chorion.

Cette propriété agglutinante et, par suite, inhibitrice du sperme de *Mytilus* semble due à la présence d'une substance qui se fixe sur les spermatozoïdes de *Paracentrotus*. Le mécanisme de cette action est certainement beaucoup plus complexe qu'un simple « collage » physique par augmentation de la quantité et de la viscosité des colloïdes mis en présence. L'action inhibitrice du sperme de *Myt.* résiste à une température de 43° (qui tue les spermatozoïdes) ou de 60°; elle disparaît par l'ébullition. Or, ce sperme bouilli est beaucoup plus visqueux que le sperme vivant et il n'exerce cependant aucune action inhibitrice.

Mais une série d'autres faits montrent mieux encore l'intérêt de ce phénomène. En effet, l'action inhibitrice du sperme de *Myt.* sur le sperme de *Parac.* peut être *déviée :* il suffit pour cela d'ajouter au mélange un *troisième sperme* ne possédant aucune action inhibitrice vis-à-vis du sperme d'oursin. Tel est le cas du sperme de *Sabellaria*. Mêlé au sperme de *Myt.*, ce dernier en fixe la substance agglutinante et, le sperme de *Paracentrotus* restant libre, l'inhibition disparaît : ce mélange trispermique (*Myt.* + *Sabell.* + *Parac.*) est donc fécondant par rapport aux œufs de *Parac.*; il ne l'est pas par rapport aux œufs de *Sabellaria*.

Le grand intérêt de ces mélanges trispermiques est de permettre d'étudier les conditions de la fixation de la substance agglutinante du sperme de *Mytilus* sur les spermatozoïdes de *Paracentrotus* ou de *Sabellaria*. On constate, en effet, que pour réaliser cette fixation et libérer les spermatozoïdes de *Parac.*, les spermatozoïdes de *Sabellaria* peuvent être tués par un chauffage à 45°, tandis qu'un chauffage à 60° leur fait perdre cette propriété et laisse intact le pouvoir agglutinant du sperme de *Mytilus*. Celui-ci peut, de même, être épuisé par du sperme d'oursin chauffé à 45°, mais non par du sperme d'oursin chauffé à 60°.

Ces expériences indiquent que le mécanisme de l'inhibition du pouvoir fécondant du sperme d'oursin par le sperme de *Mytilus* doit être cherché dans la combinaison d'une substance thermorésistante contenue dans ce dernier avec une substance thermolabile (détruite à 60°), qui existe dans le sperme de *Paracentrotus* ou de *Sabellaria*.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 SEPTEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu le 21 juillet, à Stockholm, de M. le Professeur **Gustaf Retzius**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

CORRESPONDANCE.

MM. **A. Lassieur**, **A. Loir**, **H. Legangneux**, **L. Nègre** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes de Bernoulli.* Note [1] de M. **N.-E. Nörlund**, transmise par M. Appell.

On appelle *nombres de Bernoulli* la suite des nombres rationnels B_0, B_1, B_2, ... définis par la relation de récurrence

$$\sum_{s=1}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} B_{\nu-s} = \begin{cases} 0 & \text{si } \nu > 1, \\ 1 & \text{si } \nu = 1. \end{cases}$$

A l'aide de ces nombres, on peut aisément résoudre l'équation aux diffé-

---

[1] Séance du 15 septembre 1919.

rences finies

$$F(x+1) - F(x) = \nu x^{\nu-1},$$

ν étant un entier non négatif. En effet, on sait trouver un polynome qui satisfasse à cette équation. Ce polynome est du degré ν et il est déterminé à une constante arbitraire près. On appelle *polynome de Bernoulli* le polynome $B_\nu(x)$ qui satisfait à l'équation

$$B_\nu(x+1) - B_\nu(x) = \nu x^{\nu-1}$$

et qui, pour $x = 0$, est égal au nombre de Bernoulli B_ν. On voit aisément que

$$B_\nu(x) = \sum_{s=1}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} B_s x^{\nu-s}.$$

M. Appell a donné une extension de ces polynomes en considérant des polynomes analogues qui dépendent de deux variables. Je me suis servi très utilement dans plusieurs problèmes d'une classe de polynomes voisins de ceux de M. Appell et voisins de certaines fonctions étudiées par M. Barnes. Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$, n nombres quelconques. En partant des nombres de Bernoulli B_ν, je définis une suite nouvelle de nombres $B_\nu^{(1)}, B_\nu^{(2)}, B_\nu^{(3)}, \ldots$ à l'aide des relations de récurrence

$$(1) \qquad \sum_{s=1}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} \omega_n^s B_{\nu-s}^{(n)} = \omega_n \nu B_{\nu-1}^{(n-1)}.$$

Posons pour abréger

$$\Delta_\omega B(x) = \frac{B(x+\omega) - B(x)}{\omega},$$

$$\Delta^n_{\omega_1,\ldots,\omega_n} B(x) = \Delta_{\omega_n}[\Delta^{n-1}_{\omega_1,\ldots,\omega_{n-1}} B(x)].$$

En partant des polynomes de Bernoulli, je définis une suite nouvelle de polynomes $B_\nu^{(1)}(x), B_\nu^{(2)}(x), B_\nu^{(3)}(x), \ldots$ par les conditions

$$\Delta_{\omega_n} B_\nu^{(n)}(x) = \nu B_{\nu-1}^{(n-1)}(x), \qquad B_\nu^{(n)}(0) = B_\nu^{(n)}.$$

Pour achever la définition je pose $B_\nu^{(0)}(x) = x^\nu$. On a donc, en particulier,

$$\Delta^n_{\omega_1,\ldots,\omega_n} B_\nu^{(n)}(x) = \nu(\nu-1)\ldots(\nu-n+1)x^{\nu-n}.$$

Je dis, par extension, que $B_\nu^{(n)}(x)$ est *un polynome de Bernoulli d'ordre n*. De l'équation (1) il résulte que le polynome de Bernoulli s'exprime par les

nombres $B_\nu^{(n)}$ comme il suit :

$$B_\nu^{(n)}(x) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} B_s^{(n)} x^{\nu-s},$$

et l'on voit aisément que les $B_\nu^{(n)}$ s'expriment à leur tour par les nombres de Bernoulli de la manière suivante :

$$B_\nu^{(n)} = \sum \frac{\nu!}{s_1!\, s_2! \ldots s_n!} B_{s_1} B_{s_2} \ldots B_{s_n} \omega_1^{s_1} \omega_2^{s_2} \ldots \omega_n^{s_n},$$

la sommation étant étendue à toutes les valeurs entières, positives ou nulles, de s_1, s_2, ..., s_n qui vérifient la condition $s_1 + s_2 + \ldots + s_n = \nu$.

Les polynomes d'ordre n s'expriment linéairement par les polynomes d'ordre inférieur à n. En effet, considérons l'équation aux différences

$$\Delta^n_{\omega_1, \ldots, \omega_n} F(x) = \varphi^{(n)}(x),$$

$\varphi^{(n)}(x)$ étant la dérivée d'ordre n d'un polynome $\varphi(x)$ de degré ν. Cette équation admet une solution de la forme

$$F(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \frac{\varphi^{(s)}(y)}{s!} B_s^{(n)}(x).$$

On en conclut que les polynomes de Bernoulli satisfont à la relation

$$B_\nu^{(n+p)}(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} B_s^{(n)}(x)\, B_{\nu-s}^{(p)}(y), \tag{2}$$

x et y étant des nombres quelconques. En particulier, si $p = 0$, il vient

$$B_\nu^{(n)}(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} B_s^{(n)}(x)\, y^{\nu-s}.$$

Il y a avantage à introduire des polynomes d'ordre négatif en les définissant ainsi :

$$B_\nu^{(-n)}(x) = \frac{\nu!}{(\nu+n)!} \Delta^n_{\omega_1, \ldots, \omega_n} x^{\nu+n}.$$

La relation (2) subsiste, que n et p soient positifs ou négatifs. Soit, en particulier, $p = -n$ et posons $y = 0$, il vient

$$x^\nu = \sum_{s=0}^{s=\nu} \binom{\nu}{s} B_s^{(n)}(x)\, B_{\nu-s}^{(-n)}, \tag{3}$$

et l'on a

$$B_\nu^{(-n)} = \nu! \sum \frac{\omega_1^{s_1}\omega_2^{s_2}\ldots\omega_n^{s_n}}{(s_1+1)!\,(s_2+1)!\ldots(s_n+1)!} \qquad (s_1+s_2+\ldots+s_n=\nu).$$

On peut ainsi déterminer les polynomes de Bernoulli d'ordre n sans passer par l'intermédiaire des polynomes d'ordre inférieur à n. Remarquons enfin que l'équation (3) peut s'écrire comme il suit :

$$\sum_{s=0}^{s=\nu} \frac{B_s^{(-n)}}{s!} \frac{d^s B_\nu^{(n)}(x)}{dx^s} = x^\nu.$$

$B_\nu^{(n)}(x)$ est donc la solution rationnelle d'une équation différentielle linéaire à coefficients constants.

ALGÈBRE. — *Un système symétrique de polynomes.* Note de M. **L.-B. Robinson**, présentée par M. Hadamard.

Considérons le système d'équations

$$(\mathrm{J}_1)\qquad \sum_1^{n+1}{}_j\, p_{jj}x_{jr}^2 + 2\sum_1^{n+1}{}_k \sum_1^{n+1}{}_i\, p_{ki}x_{kr}x_{ir} = 0 \qquad (r=1,2,\ldots,n) \qquad i>k.$$

Adjoignons à ce système un autre système (J_2) que nous obtenons en écrivant la polaire de chaque équation de (J_1) par rapport à tous les points

$$(\mathrm{W})\qquad \left\{\begin{array}{l}(x_{11},\ x_{21},\ \ldots,\ x_{n1},\ x_{n+1,1}),\\ (x_{12},\ x_{22},\ \ldots,\ x_{n2},\ x_{n+1,2}),\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\ (x_{1n},\ x_{2n},\ \ldots,\ x_{nn},\ x_{n+1,n})\end{array}\right.$$

successivement.

Nommons (P) le système total $(\mathrm{J}_1, \mathrm{J}_2)$ ainsi formé.

En général, les solutions de (P) annulent tous les déterminants de la matrice

$$(\alpha)\qquad \| x_{ij} \| \qquad \begin{pmatrix} i=1,\ 2,\ \ldots,\ n,\ n+1 \\ j=1,\ 2,\ \ldots,\ n \end{pmatrix}.$$

On peut trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour que (P) ait des solutions qui n'annulent pas tous les déterminants de la matrice, de la manière suivante.

On saura démontrer qu'une *corrélation multiplicatoire* [1] existe entre le système (P) et le système [2]

$$(\mathrm{P}')\quad \Delta^2_{n+1,n+1}p_{tl}+\Delta_{l,n+1}\Delta_{n+1,n+1}p_{t,n+1} + \Delta_{t,n+1}\Delta_{n+1,n+1}p_{l,n+1}+\Delta_{l,n+1}\Delta_{t,n+1}p_{n+1,n+1} \quad \begin{pmatrix} t=1,2,\ldots,n \\ l=1,2,\ldots,n \end{pmatrix} t \geqq l.$$

Si l'on résout le système (J_1) par rapport aux variables $x_{11}, \ldots, x_{1n}$ et qu'à l'aide de ces solutions on élimine $x_{11}, \ldots, x_{1n}$ des équations de (J_2), on obtiendra un nouveau système que nous désignerons par le symbole ($\overline{J_2}$). Après avoir rationalisé les équations de ($\overline{J_2}$), on trouve que les coefficients des résultantes sont des fonctions rationnelles et entières des p dont la disparition est la condition nécessaire et suffisante pour l'existence de solutions du système (P′) qui n'annulent pas tous les déterminants de la matrice (α). Le même théorème est vrai pour le système (P) parce que (P) et (P′) sont en « corrélation multiplicatoire ».

Considérons un système d'équations du troisième ordre analogue à (J_1). Prenons la première et la deuxième polaire de chaque équation à l'égard de tous les points (W) et nommons (Q) le système total formé de ces trois systèmes partiels. On trouvera immédiatement qu'une forme canonique tout à fait semblable à la forme (P′) existe. Aussi la même forme canonique existe quand on considère le système du quatrième ordre. A l'aide de cette forme, on saura construire les conditions sous lesquelles :

1° Un polynome du deuxième ordre se décompose en deux facteurs linéaires;

2° Un polynome du troisième ordre se décompose en un facteur linéaire et un facteur du deuxième ordre;

3° Un polynome du quatrième ordre se décompose en un facteur linéaire et un facteur du troisième ordre.

Il ne faut, pour obtenir les conditions ci-dessus, que résoudre respective-

---

(1) Voir Riquier, *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles* (p. 271) pour la signification de ce mot.

(2) $\Delta_{r,n+1} \equiv (-1)^r \mathrm{M}_{r,n+1}$, où $\mathrm{M}_{r,n+1}$ est le mineur de $x_{r,n+1}$ dans le déterminant

$$|x_{ij}| \quad \begin{pmatrix} i=1,2,\ldots,n,n+1 \\ j=1,2,\ldots,n,n+1 \end{pmatrix}$$

pour ($r=1, 2, \ldots, n$), avec $\Delta_{n+1,n+1} \equiv \mathrm{M}_{n+1,n+1}$.

ment une équation quadratique binaire, une cubique binaire et une quartique binaire.

Les conditions que nous venons d'obtenir ne sont pas des invariants, bien qu'elles caractérisent une propriété invariante. Si nous désignons leurs premiers membres par les symboles I_1, I_2, ..., I_k et si nous effectuons une transformation sur les variables, nous obtiendrons

$$\overline{I_1} \equiv \lambda_{i1} I_1 + \lambda_{i2} I_2 + \ldots + \lambda_{ik} I_k,$$

où

$$|\lambda_{ij}| \quad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots, k \\ j = 1, 2, \ldots, k \end{pmatrix}$$

est une puissance du déterminant de la transformation. On peut vérifier sans difficulté que les conditions de passivité obtenues par M. Riquier sont du même type.

L'auteur a réussi à opérer la réduction des systèmes d'équations différentielles à une forme canonique dont les covariants peuvent s'obtenir par des quadratures [1]. A l'aide de cette forme canonique il est possible de démontrer très nettement un théorème dû à M. Wilczynski [2]. Mais, jusqu'à présent, il n'a pas réussi à étendre ce résultat aux équations aux dérivées partielles, à cause de la disparition de tous les déterminants de la matrice (α).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les solutions du problème des trois corps où les trois corps forment un triangle isoscèle.* Note [3] de M. **Jean Chazy**, présentée par M. E. Goursat.

L'étude des chocs dans le problème des trois corps conduit à considérer deux classes particulières de solutions : d'une part les solutions où les trois corps sont constamment en ligne droite [4], et d'autre part les solutions où les trois corps forment un triangle isoscèle. Ces deux classes de solutions

---

(1) Ce résultat va paraître prochainement dans le *Johns Stopkins Circular*.

(2) Voir Wilczynski, *Projective Differential Geometry*, p. 39.

(3) Séance du 15 septembre 1919.

(4) Dans ce cas, ou bien le mouvement des trois corps par rapport au centre de gravité a lieu sur une droite fixe, c'est le *mouvement rectiligne;* ou bien le mouvement est le mouvement obtenu par Euler, et dans lequel les distances des trois corps ont des rapports constants (déterminés en fonction des masses par une équation algébrique du cinquième degré).

possèdent notamment cette propriété commune que, les conditions initiales étant données, la plus petite des trois distances mutuelles ne peut avoir de minima arbitrairement petits qui ne soient pas nuls [1].

Si l'on cherche *a priori* tous les mouvements du problème des trois corps où le triangle des trois corps est isoscèle, on obtient cinq solutions :

1° Le mouvement de Lagrange [2] : le triangle isoscèle est en même temps équilatéral.

2° Le mouvement d'Euler, avec cette condition que des trois masses en ligne droite les deux extrêmes soient égales.

3° *Le mouvement admettant un axe de symétrie*. L'un des corps est nécessairement sur l'axe de symétrie et les masses des deux autres sont égales. Une fois fixés, les masses, le centre de gravité et l'axe de symétrie, le mouvement considéré dépend de six paramètres. D'ailleurs, s'il n'est pas plan, ce mouvement ne peut comporter ni choc des deux corps symétriques, ni choc des trois corps. Chacune des distances mutuelles est supérieure à une longueur qu'on peut exprimer en fonction des conditions initiales; et les coordonnées cartésiennes sont pour toutes les valeurs du temps t développables en séries de puissances entières de la variable de Poincaré, $\frac{e^{\alpha t}-1}{e^{\alpha t}+1}$, où α désigne une constante : tout comme s'il s'agissait de forces répulsives.

4° *Le mouvement admettant un plan de symétrie*, où deux masses sont encore égales, et qui dépend encore de six paramètres. Ce mouvement ne peut comporter de choc des trois corps, s'il n'est pas plan, mais comporte au moins un choc des deux corps symétriques, et peut comporter un nombre fini ou infini de tels chocs. La distance des deux corps symétriques n'a pas d'autres minima que les minima nuls correspondant à ces chocs. Les coordonnées cartésiennes et le temps, de $-\infty$ à $+\infty$, sont représentés par des séries de puissances entières de la quantité $\frac{e^{\alpha u}-1}{e^{\alpha u}+1}$, où u désigne une certaine variable introduite par M. Sundman et α une constante.

---

(1) Pourvu dans le mouvement rectiligne que les deux autres distances mutuelles ne soient pas aussi arbitrairement petites.

(2) On sait que Lagrange a recherché les mouvements du problème des trois corps où les distances mutuelles ont des rapports constants, et a obtenu, outre le mouvement d'Euler, une seconde solution dans laquelle les trois corps forment un triangle équilatéral. Les deux mouvements obtenus par Euler et Lagrange se ramènent aux mouvements du problème des deux corps : les trajectoires sont rectilignes ou sont des sections coniques.

5° *Le mouvement plan admettant un axe de symétrie* (¹), cas limite des deux mouvements précédents. Ce nouveau mouvement comporte, comme le précédent, au moins un choc des deux corps symétriques, peut comporter un nombre fini ou infini de tels chocs, et sous une condition d'égalité comporte un choc des trois corps. La distance des deux corps symétriques n'a pas d'autres minima que les minima nuls correspondant aux chocs de ces deux corps ou des trois corps. En outre, les deux autres distances mutuelles ne peuvent avoir de minima arbitrairement petits qui ne soient pas nuls. Par suite, le mouvement considéré peut être représenté par des séries de puissances entières de la quantité $\frac{e^{\alpha u}-1}{e^{\alpha u}+1}$, où α désigne une constante et u la variable de M. Sundman, ou encore la variable de M. Levi-Civitá, $\int U\,dt$, U étant la fonction des forces (²).

Le mouvement plan avec axe de symétrie, comme le mouvement rectiligne, dépend de quatre paramètres en dehors des masses. Les trajectoires de chacun de ces mouvements sont déterminées par une équation différentielle du second ordre, ou du premier ordre (et une quadrature) si la constante des forces vives est nulle. La théorie des nœuds, cols et foyers s'applique aisément à ces équations et permet d'étudier dans une certaine mesure les successions de chocs, les solutions périodiques, la stabilité du mouvement. Abstraction faite du problème des deux corps, ces deux cas particuliers apparaissent comme les dégénérescences les plus simples du

---

(¹) Ce dernier mouvement a été considéré déjà par Gorjatscheff, Woronetz et Bohlin [cf. Roberto Marcolongo, *Il problema dei tre corpi da Newton ai nostri giorni* (*Manuali Hœpli*, Milano, 1919), Notes 61, 76 et 151].

(²) En prenant $\int U\,dt$ comme variable indépendante, et en choisissant convenablement les variables définissant la position des trois corps, M. Levi-Civitá a rétabli la forme canonique des équations (cf. *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 625). Il est à remarquer que, si le mouvement aboutit à un choc des trois corps, ou si les trois corps deviennent infiniment voisins, la variable de M. Sundman croît indéfiniment, tandis que celle de M. Levi-Civitá reste finie; si d'ailleurs le mouvement peut être prolongé analytiquement au delà d'un choc des trois corps, il suffit, pour conserver l'uniformité, de remplacer la variable $\int_{t_0}^{t} U\,dt$ par une de ses racines, t_0 désignant l'instant du choc. Remarquons enfin que, si les trois constantes des aires dans le mouvement par rapport au centre de gravité ne sont pas nulles, la variable $\int U\,dt$, comme la variable de M. Sundman, croît constamment et indéfiniment avec le temps.

problème des trois corps, d'une simplicité analytique même plus grande, mais d'une portée pratique évidemment moindre que le problème restreint.

PHYSIQUE. — *Éther et mécanique absolue des ondulations.* Note (¹) de M. G. SAGNAC, présentée par M. E. Goursat.

Généralisant la relativité newtonienne de la matière (²), nous avons étendu à l'énergie de radiation l'existence d'un *temps dynamique absolu et universel.* La matière et l'énergie de radiation considérées dans leur dynamique *extérieure* définissent la *même heure* aux divers points du système de référence newtonien S en translation, soit par le transport lent des horloges molaires, soit par l'échange de signaux d'énergie entre deux stations fixes de S; le *temps de radiation*, sur une distance l liée au système S de la source radiante s, est $\frac{l}{C}$, où C désigne une *vitesse constante universelle* pour tous les champs en translation de vitesse rectiligne et uniforme u quelconque.

Nous définissons maintenant un *espace* semblable à S en admettant que la *longueur* λ *caractéristique de la radiation* simple de la source s liée à S, telle qu'elle est mesurée par les *méthodes d'interférence*, en nombre de divisions l d'une règle newtonienne, est aussi une *constante newtonienne*, c'est-à-dire ne dépend pas de la direction α ni de la grandeur u de la vitesse de translation du système rigide S. Les successions de longueurs λ égales que les méthodes précises d'interférence mettent à notre disposition sont, pour une même radiation simple, une sorte de modèle parfait des divisions égales d'une règle solide, ou des pas égaux d'une vis micrométrique.

Ainsi, la matière et l'énergie moyenne de radiation sont exactement semblables et newtoniennes dans l'espace comme dans le temps.

Mais nous avons admis que la relativité newtonienne cesse lorsque l'observateur, enfermé dans le champ S d'une source radiante s, cesse d'appliquer à la radiation des méthodes de réception purement dynamiques qui utilisent les seuls effets de l'énergie moyenne ou totale, et s'il devient capable de déceler quelque effet de l'existence des ondes intérieures de la radiation.

C'est la mécanique des petits mouvements, qui va permettre d'établir la liaison des ondes absolues intérieures et de l'énergie totale newtonienne :

(¹) Séance du 15 septembre 1919.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 469.

1° dans le temps, 2° dans l'espace. En réunissant à la loi de liaison du *temps* celle qui se rapporte à l'*espace de référence*, nous aurons les deux liaisons des constantes newtoniennes C et λ, correspondant au *temps de radiation* et à l'*espace optique*, avec les grandeurs absolues anisotropes primordiales $\mu(u, \alpha)$ longueur d'onde véritable, $V(u, \alpha)$ vitesse de propagation de la phase ondulatoire, celle-ci mesurée en temps absolu newtonien comme la vitesse C. Nous pourrons alors déduire μ et V des constantes (C, λ) et de la *vitesse* absolue (u, α) de translation du champ S de la source *s*.

Inversement, cette analyse supposée réalisée, il faudra combiner une méthode d'observation qui soit sensible à l'un des effets absolus que les variations anisotropes de μ et V, avec u et α, vont justement nous révéler, comme conséquences nécessaires de la relativité newtonienne de la matière et de la radiation, et des lois classiques de superposition des petits mouvements.

Le zéro absolu des vitesses u de translation est supposé défini par l'état d'*isotropie ondulatoire* complète et rigoureuse du champ; cet état S_0 définit le repos absolu; le système de référence universel est alors défini comme le système général qui comprend tous les champs S_0 possibles; mais nous rapportons tout au champ S_u où l'observateur est supposé enfermé.

Contrairement à la théorie de Larmor et de Lorentz, la théorie de la relativité newtonienne *réelle* de l'énergie moyenne nous conduit à des lois ondulatoires absolues réellement liées à la translation du champ S_u.

Complétons notre loi de liaison relative au temps; la loi relative à l'espace va rattacher la *constante* λ *de la radiation* à la valeur absolue $\mu(u, \alpha)$ de la seule longueur d'onde, dans le vide.

D'un centre unique *s* de radiation partent des ondulations cohérentes dont nous divisons la propagation suivant des chemins divers que nous supposons tous *invariablement liés au système de référence* newtonien S de la source; le long de chacun de ces chemins rigides se propage dans le vide une ondulation simple, et chacun des tronçons rectilignes élémentaires d'un chemin donné est limité à *deux centres successifs d'ondulations élémentaires de Fresnel*. Chaque centre élémentaire, dont le premier est le point radiant *s*, peut être : 1° un élément de surface libre, découpé sur une ouverture dont les bords *noirs* limitent l'ondulation; ou bien : 2° une molécule matérielle, en principe immobile, dans S, comme la source primaire *s*. *Tous ces chemins* d'ondulations aboutissent *au même point r* du récepteur. Tous sont supposés parcourus dans le vide libre ou intermoléculaire *indifféremment*.

Nous admettons : 1° que la translation absolue du champ produit sur chacune des ondulations de s superposées en r un même *retard de phase;* 2° que ces diverses ondulations conservent en r des rapports d'amplitude indépendants de u.

Le flux de radiation, rapporté numériquement à l'unité de surface en r, est le produit de la densité cubique ρ de l'énergie moyenne en r par la vitesse constante C de l'énergie. Le flux et la densité ρ sont alors constants, dans les hypothèses admises, au point r lié au champ de la source s.

La première des deux hypothèses suffit à définir la liaison spatiale cherchée : la géométrie euclidienne, la symétrie autour de l'axe de translation et l'homogénéité conduisent à la loi absolue suivante, valable rigoureusement pour chaque élément rectiligne l d'un chemin quelconque (sMr) :

$$\Delta_u\varphi = \frac{l}{\mu(u,\alpha)} - \frac{l}{\lambda} = \mathrm{F}\left(\frac{u}{\mathrm{C}}\right)\frac{l\cos\alpha}{\lambda}.$$

Cette seconde loi de liaison, combinée avec la première, donne, après analyse et discussion, les équations rigoureuses qui suivent :

$$f = \frac{\lambda}{\mu(u,\alpha)} = 1 + \frac{u}{\mathrm{C}}\cos\alpha \qquad \text{et} \qquad g = \frac{\mathrm{N}(u^2)}{\mathrm{N}_0} = 1 - \frac{u^2}{2\mathrm{C}^2},$$

N étant la fréquence vibratoire, ou $\frac{\mathrm{V}}{\mu}$, dans S_u, et N_0 dans S_0.

Ces lois absolues sont rigoureuses; les conséquences en sont cohérentes; enfin elles concilient les hypothèses opposées des diverses théories de l'éther et de la matière en les rattachant à une synthèse purement mécanique.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur les conditions d'excitation de la fluorescence.* Note (¹) de M. L. **Bruninghaus**, transmise par M. E. Bouty.

Je me propose de rapporter ici les résultats de quelques expériences entreprises en 1910, mais que d'autres soins m'avaient obligé à interrompre. J'ai pu les compléter récemment de façon qui permette d'obtenir la certitude nécessaire pour prêter à publication.

I. *Observations sur l'optimum de fluorescence.* — L'idée première de ce travail était d'élucider le problème que pose l'existence des phénomènes d'*optimum de phosphorescence.* Ayant constaté que les solutions liquides

(¹) Séance du 4 août 1919.

fluorescentes de divers colorants organiques présentent un *optimum de fluorescence*, je me préoccupai de rechercher les causes possibles de variation de cet optimum, et pensai à essayer l'influence de l'épaisseur de la couche liquide. J'ai observé que cette influence est considérable : ainsi, pour le système fluorescéine-eau, la concentration optima passe de 10^{-3} à 10^{-5} lorsque l'épaisseur de la couche émissive varie entre 10^{-2} et 50^{mm}. Il est facile de voir que ce résultat conduit à cette conséquence que *la dilution accroît le pouvoir de fluorescence* [1] (quantité de lumière rayonnée par gramme de fluorogène).

II. *Observations sur le spectre d'excitation.* — On peut supposer, par analogie, que, même pour une concentration constante, à toute modification ayant pour effet de répartir l'excitation dans un plus grand volume, doit correspondre une émission totale plus considérable. Cette remarque m'a conduit à l'hypothèse que peut-être le *pouvoir excitateur d'une radiation* (quantité de lumière qu'elle peut exciter par unité d'énergie incidente) n'est pas maximum lorsque cette radiation correspond au maximum d'absorption, comme on le croit généralement.

J'ai fait, pour m'en rendre compte, les expériences suivantes :

1° On projette sur une cuve contenant une solution de fluorescéine dans l'eau (concentration 10^{-4} environ) successivement toutes les radiations du spectre. Les unes, très fortement absorbées (c'est-à-dire correspondant au maximum d'absorption, soit λ 4900 environ), produisent une excitation quasi superficielle : la petite surface d'incidence sur le liquide possède un vif éclat, mais le flux lumineux ne pénètre pas. Pour les radiations excitatrices situées à droite et à gauche de cette région, on voit (par la fluorescence excitée) le rayon pénétrer de plus en plus profondément dans le liquide, à mesure que la radiation s'écarte davantage du maximum d'absorption : l'émission a lieu, non plus superficiellement, mais en volume; en même temps, on est frappé du fait que l'intensité totale de fluorescence ne paraît pas diminuer, autant qu'on peut en juger du moins sans le secours d'aucun appareil.

2° Ce résultat fort curieux méritait d'être précisé par des observations

---

(1) M. Jean Perrin est arrivé récemment, et indépendamment, à des conclusions analogues et d'ailleurs plus précises, ce qui me dispense d'insister plus longuement à ce sujet. Voir Jean Perrin, *Ann. de Physique*, 9e série, t. 10, 1918, p. 133.

correctes. Dans ce but, j'ai construit un photoscope ([1]) permettant d'intégrer les flux émis indépendamment de la forme et des dimensions de la couche fluorescente, et de suivre les variations de l'intensité rayonnée sous l'action de diverses radiations excitatrices, comprises entre le maximum d'absorption et le jaune orangé (la fluorescence excitée du côté violet est beaucoup moins vive).

L'expérience ainsi faite permet d'affirmer que *le pouvoir excitateur des radiations lumineuses est croissant à partir du maximum d'absorption*. Cette croissance a-t-elle une limite? C'est ce qu'il est très difficile de décider, car on arrive bientôt à des radiations (dans le jaune vert) pour lesquelles la transparence du liquide est telle qu'il faudrait une cuve de plusieurs mètres de longueur pour pouvoir observer le flux total rayonné, et encore ne voit-on pas par quel procédé photométrique la mesure serait possible ([2]). Devant cette difficulté, je me suis borné à chercher si le pouvoir excitateur atteint un maximum au voisinage du maximum de la bande de fluorescence (vers $\lambda 5250$), ou s'il croît au delà. Résoudre cette alternative présentait, à mon sens, un certain intérêt. De ces premières expériences, je crois pouvoir conclure que la deuxième supposition est la vraie : l'accroissement du pouvoir excitateur en cheminant du bleu vers le rouge ne paraît pas dû, comme on aurait pu le croire avec quelque apparence de raison, au fait que la radiation excitatrice de longueur d'onde croissante s'approche des conditions de résonance avec la radiation excitée. Il y a tout lieu de penser, au contraire, que le pouvoir excitateur atteint une valeur constante dans la région de grande transparence de la solution. Ce qu'on peut traduire par cet énoncé à allure paradoxale : *Dans les limites de la bande d'absorption, une radiation excite d'autant mieux la fluorescence qu'elle est plus faiblement absorbée* ([3]).

Telle radiation, jaune orangé par exemple, que nous pensions n'être pas excitatrice, l'est plus qu'une bleue, mais il faudrait la répartir dans des

---

([1]) Le détail de ces expériences paraîtra prochainement dans un autre Recueil; je ferai remarquer seulement qu'il ne s'agit pas ici de *mesures* d'intensité (fort difficiles et d'ailleurs peu utiles pour le but poursuivi), mais de simples *observations* sur la croissance ou la constance de cette grandeur.

([2]) On ne peut accroître notablement la concentration : la fluorescence cesse d'être observable au photoscope de façon qui permette de faire des comparaisons d'intensité lorsque la concentration dépasse 2.10^{-3}.

([3]) Il convient d'observer cependant que l'émission de fluorescence se produit aussi dans une région du spectre qui correspond à une transparence relativement élevée de la solution : vers le bord rouge de la bande d'absorption.

mètres cubes de matière, puis intégrer sur une petite surface l'ensemble des flux lumineux rayonnés, pour pouvoir en observer les effets.

En définitive, nous avons maintenant de fortes raisons de penser, comme je le supposais au début de ce paragraphe, qu'à énergie incidente constante on gagne en énergie excitée en produisant l'excitation dans un plus grand volume : la concentration étant donnée, il vaut mieux exciter faiblement un grand nombre de molécules que d'en exciter violemment un nombre beaucoup plus petit.

Conclusion. — Les phénomènes de phosphorescence et de fluorescence sont caractérisés par cette propriété particulière que le *rendement* du processus d'excitation est maximum lorsque la solution est très diluée et la radiation excitatrice très faiblement absorbée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des hydrates et oxydes métalliques et des carbonates alcalino-terreux sur le sulfate diméthylique.* Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**.

I. Lorsqu'on fait agir la potasse en solution dans l'alcool méthylique sur le sulfate diméthylique dilué dans le même solvant il se produit un dégagement de chaleur notable et le méthylsulfate de potassium se précipite en paillettes blanches. Si on limite l'addition de potasse par l'indication de l'alcalinité au moyen de phtaléine du phénol, la réaction est représentée par

$$SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown OCH^3\end{matrix} + KOH = SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown OK\end{matrix} + CH^3OH.$$

La majeure partie du sel est séparée par essorage et il en reste une petite quantité en solution : le rendement dépasse 95 pour 100. Le léger déficit tient sans doute au dégagement d'une petite quantité d'oxyde de méthyle. Si l'on a en vue de préparer le méthylsulfate de potassium on peut utiliser la liqueur mère d'essorage à une nouvelle opération en s'en servant pour y dissoudre une nouvelle quantité de potasse : le rendement final est celui précédemment indiqué.

Si l'on fait agir sur le sulfate diméthylique la baryte ou la chaux *en présence d'un grand excès d'eau,* on obtient de même le méthylsulfate correspondant avec un rendement presque théorique.

L'isolement du méthylsulfate alcalino-terreux de sa solution aqueuse

s'effectue sans difficulté et avec un rendement avantageux. Le phénomène peut d'ailleurs être considéré comme la neutralisation par l'hydrate alcalino-terreux du sulfate acide de méthyle qu'une action primaire de l'eau sur le sulfate-diméthylique met en liberté. Un très léger déficit de rendement est à reporter vraisemblablement à cette action de l'eau sur le sulfate diméthylique qui, à côté de la réaction principale, provoque en faible quantité l'apparition d'acide sulfurique et le dégagement d'oxyde de méthyle. On aura donc à se débarrasser par filtration d'une quantité, d'ailleurs très faible (1 pour 100), de sulfate de baryum.

II. Un autre cas est celui de la baryte caustique ou de la chaux vive. Dans leur célèbre Mémoire sur l'esprit de bois, Dumas et Péligot ont signalé que le sulfate diméthylique est « *absolument sans action sur la baryte caustique* » et par conséquent distille en présence de la baryte caustique en poudre très fine. Nous avons vérifié cette affirmation; nous avons observé en outre qu'avec la chaux vive les choses se passent d'une manière analogue; on recueille par distillation sur la chaux vive plus de 90 pour 100 du sulfate diméthylique inaltéré; cependant on note dans ce cas un léger déficit et, corrélativement, la production d'une petite quantité d'oxyde de méthyle. Il est à présumer que l'importance du déficit dépend de la durée de contact de la chaux vive avec le sulfate diméthylique à la température (188°) de sa distillation sous la pression normale. *Par contre, il est certain qu'à la température de distillation sous pression réduite la chaux n'aurait aucune action.*

Une application de cette inertie des oxydes alcalino-terreux se présente dans la purification du sulfate diméthylique lorsqu'on le prépare à partir de l'oléum; il est alors souillé d'un peu d'anhydride sulfurique dont on le débarrasse, sans aucune difficulté, ni perte par distillation sur ces oxydes. Nous avons d'ailleurs établi et indiqué antérieurement que le sulfate alcalino-terreux formé n'a lui-même aucune action sur le sulfate diméthylique.

III. Intermédiaire entre les précédents est le cas de la baryte cristallisée ou de la chaux éteinte : $Ba(OH)^2H^2O$ et $Ca(OH)^2$.

La réaction est extrêmement vive entre le sulfate diméthylique et ces hydrates alcalino-terreux : il y a dégagement d'oxyde de méthyle entraînant sans doute de l'alcool et aussi du sulfate inaltéré; le reste se retrouve sous forme de sulfate de baryum ou de calcium. Sans préjuger de leur

mécanisme, ces phénomènes peuvent se représenter par la formule

$$SO^2(OCH^3)^2 + M(OH)^2 = SO^4M + (CH^3)^2O + H^2O.$$

Il ne se produit pas dans ce cas du méthylsulfate; nous nous sommes d'ailleurs assurés par l'expérience directe que le méthylsulfate de baryum est lui-même décomposé par la baryte hydratée avec formation de produits volatils et de sulfate de baryum.

IV. Relativement aux oxydes métalliques proprement dits, on connaissait déjà l'action de l'oxyde cuivreux sur le sulfate diméthylique que M. Recoura avait utilisée à une élégante préparation du sulfate cuivreux,

$$SO^2(OCH^3)^2 + Cu^2O = SO^4Cu^2 + (CH^3)^2O.$$

Nous avons reconnu que la litharge, l'oxyde jaune de mercure et l'oxyde d'argent se comportent de même, c'est-à-dire qu'il se dégage du gaz oxyde de méthyle qui a été recueilli, pesé et analysé. Le sulfate métallique correspondant reste.

V. L'inertie de la baryte caustique et de la chaux vis-à-vis du sulfate diméthylique à sa température d'ébullition pouvait suggérer qu'il en était de même pour les carbonates correspondants.

C'est bien ce que l'on constate quand on chauffe rapidement une petite quantité de carbonate alcalino-terreux à sa température d'ébullition de façon à le distiller. On en récupère sans altération 90 pour 100.

Mais, en maintenant le sulfate diméthylique au contact du carbonate chauffé, on peut rompre cette inertie. Dans ces conditions, dès la température de 140°, le sulfate est décomposé. Le phénomène est représenté à peu près quantitativement par la formule

$$SO^2(OCH^3)^2 + CO^3M = SO^4M + CO^2 + (CH^3)^2O.$$

Il n'y a pas double décomposition, car on recueillerait le carbonate diméthylique stable à cette température. Cette réaction est d'ailleurs lente et, en conséquence, il n'y a pas contradiction entre les deux observations; le phénomène a une vitesse et son aspect est réglé par la durée pendant laquelle les corps réagissants sont maintenus au contact et par la température à laquelle le contact est maintenu.

En résumé, lorsque le sulfate diméthylique se trouve en présence des bases alcalines ou alcalino-terreuses et de leurs carbonates, sa destinée

dépend à un haut degré des cas particuliers et des circonstances : distillable sans altération sur les oxydes alcalino-terreux et même sous certaines conditions sur leurs carbonates, il est détruit dans les autres cas avec formation de méthylsulfate, d'oxyde de méthyle ou d'alcool méthylique.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur les poudres sans flammes.* Note de M. **Delpech**, présentée par M. H. de Chardonnet.

La température des gaz de la poudre peut être abaissée en introduisant les matières antithermiques à base de carbone dans le corps même de la poudre en cours de fabrication. Le problème a été posé en 1916 par la Direction des Poudres, il s'agissait de préparer une poudre BSP ([1]), rendue antilueur par une addition de 3 pour 100 de vaseline dans les pâtes à poudre; la poudre ainsi atténuée devait, à charge égale, exercer exactement la même action balistique que la poudre BSP ordinaire. De nombreux essais de fabrication furent tentés vainement jusqu'au jour où j'arrivais à me rendre compte par l'examen des résultats de séries de tirs que la diminution du dégagement calorifique ne pouvait être compensée que par une augmentation corrélative du poids des charges de poudre.

En réglant en conséquence les vivacités des poudres et les poids des charges, j'ai pu arriver à préparer de façon méthodique avec n'importe quel atténuant proposé des poudres B relativement froides qui, moyennant les appoints voulus de charges, exercent la même action balistique que la poudre B ordinaire (mêmes vitesses avec les mêmes pressions maxima).

Les corps dont l'action antilueur a été étudiée pratiquement au canon sont les suivants :

Charbon de bois pulvérisé-carbone à l'état de noir de fumée, graphite, vaseline, huile lourde de pétrole, naphtaline, mononitronaphtaline, dinitroxylène, trinitroxylène (proposition de M. Muraour), cellulose de coton, cellulose de bois, hydrocellulose de coton.

Les premiers échantillons donnant satisfaction ont été les poudres B G-5 ([2]), expédiées au début de 1917 à la Commission des Poudres de guerre de Versailles. Les résultats obtenus avec ces poudres ont été exposés au Ministère de l'Armement par ma Note du 17 février 1917. Les tirs exécutés à Satory furent concluants. Le Président de la Commission

([1]) Poudre B pour le canon de 75^{mm}.

([2]) Poudre B pour canons de 105, de 120 long et 155 long.

des Poudres de guerre de Versailles [1] demanda la mise en fabrication d'un lot destiné à être tiré sur le front.

Action des additions de charbon aux poudres B. — L'emploi de charbon pulvérulent (charbon de bois, graphite, noir de fumée) n'a pas assuré l'action antilueur à laquelle on aurait pu s'attendre.

Divers échantillons de poudre BG-5 contenant jusqu'à 10 pour 100 de carbone ont été tirés dans le canon de 105, l'action antilueur a été nulle, tout se passe comme si *dans le canon* les grains de carbone en poudre n'avaient pas le temps de réagir sur les gaz de la nitrocellulose.

Vaseline et huile lourde de pétrole [2]. — Ces corps agissent de façon identique.

Canon de 75. — L'effet antilueur est obtenu en introduisant 3 pour 100 de vaseline dans la poudre, la fabrication doit être conduite de manière à réaliser les vitesses avec un supplément de charge de 4 pour 100; dans ces conditions, pour les mêmes vitesses, les pressions maxima restent les mêmes que celles de la poudre BSP ordinaire.

Canon de 105, *de* 120 *long*, *de* 155 *long*. — La poudre BG-5 destinée à ces canons doit être additionnée de 6,5 pour 100 de vaseline, le supplément de charge à employer est de 6 à 8 pour 100, les pressions et vitesses réalisées sont normales, l'effet antilueur est complet.

Voici les résultats qui ont été obtenus au cours des tirs de recherches avec le canon de 105 :

Poids des charges.	Pour 100 de coton poudre soluble.	Pour 100 de vaseline.	Résultats en 5 séances de tir.		
kg					
2	60	3,5	4	coups tirés tous avec lueur	
2	45	3,5	6	»	»
2	40	3,5	6	»	»
2	50	4	7	»	dont 4 avec lueur
2	40	4	20	»	» 9 »
2	60	5	17	»	» 2 »
2kg à 2kg,400	60	6,1	27	»	sans aucune lueur

Des échantillons à 6,5 pour 100 d'huile lourde de pétrole ont fourni exactement les mêmes effets balistiques que les échantillons à 6,5 pour 100 de vaseline.

Naphtaline. — Les poudres BG-5 à 10 pour 100 de naphtaline n'éteignent pas régulièrement les lueurs; les coups sans lueur produisent une forte fumée noire (le carbone n'étant pas brûlé à l'air).

---

(1) M. le colonel Pouyade.

(2) L'étude de l'action des huiles lourdes a été conseillée par M. Haller.

Mononitronaphtaline. — A la dose de 15 pour 100, ce composé éteint bien les flammes du canon de 105^{mm}, mais produit une forte fumée noire.

Dinitroxylène. — A la dose de 20 pour 100 agit comme la mononitronaphtaline à 15 pour 100.

Trinitroxylène (xylite). — Ce corps relativement riche en oxygène n'agit pas très activement comme antithermique dans le canon.

La poudre B additionnée de 25 pour 100 de xylite éteint bien les lueurs de canon de 75, mais ne permet pas d'éteindre les lueurs produites par les canons de 105, de 120, de 155 long.

Cellulose de coton ou de bois. — Les poudres BSP ou BG-5 à 4 ou à 10 pour 100 de cellulose éteignent bien les lueurs des canons de 75^{mm} ou de 105^{mm}, 120^{mm} et 155^{mm}, malheureusement la cellulose ayant tendance à se feutrer s'incorpore difficilement aux pâtes à poudre.

Hydrocellulose. — L'hydrocellulose se présente en poudre fine et se mélange très bien aux pâtes à poudre, les effets antilueurs sont les mêmes qu'avec la cellulose.

Résumé. — Les poudres B atténuées à la vaseline ou à l'huile lourde de pétrole permettent d'éteindre parfaitement les lueurs produites par les canons de 75, 105, 120 long et de 155 long.

Moyennant des modifications convenables de vivacité et de charges, l'emploi de ces poudres permet de réaliser les vitesses courantes avec les pressions normales.

Il y a lieu de noter que les additions de vaseline exercent en plus de l'action antithermique une puissante action stabilisante sur les poudres B.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de schistes charbonneux sur les bords de la Serre.* Note de M. **Bourgeat.**

On s'est depuis longtemps demandé si la houille s'était formée autour du massif primitif de la Serre qui s'élève au nord-est de Dôle et qui jalonne le pli souterrain de Ronchamp au Creusot. Cette question me paraît tranchée par la découverte qui vient d'être faite d'une lentille de schistes charbonneux dans le Permien qui touche au massif. Les ingénieurs de l'État ayant jugé bon d'exploiter là une pierre très siliceuse et très dure appelée faussement *Eurite*, la pioche, pour atteindre cette pierre, a traversé un conglomérat permien dans lequel on a trouvé la lentille en question. Les schistes qui la constituent n'ont qu'une faible épaisseur (10 à 15 centimètres) et un faible développement en surface; mais leur présence indique qu'avant le dépôt du conglomérat, il s'est formé du charbon dans la région.

PALÉONTOLOGIE. — *Remarques sur les origines et la classification des* Desmoceras. Note [1] de M. E. CHAPUT, transmise par M. W. Kilian.

Les nombreuses Ammonites crétacées que l'on réunit sous le nom générique de *Desmoceras* (pris ici dans le sens large que lui a donné Zittel en 1884, mais en éliminant toutefois des *Desmoceras* de Zittel les formes carénées pour lesquelles de Grossouvre a créé le genre *Hauericeras*) présentent dans la structure de leurs cloisons de notables différences. Les caractères tirés du développement ontogénique des lignes cloisonnaires permettent de séparer dans l'ensemble des *Desmoceras* plusieurs rameaux phylétiques, et de préciser ainsi les recherches de groupements naturels faites successivement par Zittel [2], Sarasin [3], puis surtout par Jacob [4] et par Kilian [5], etc. Les principaux groupes sont les suivants :

PREMIÈRE SÉRIE. — A. Groupe de *Desm. Beudanti* Brongniart sp. (sous-genre *Beudanticeras* Hitzel). — Lignes cloisonnaires à éléments massifs : première selle latérale divisée en deux segments par un rameau peu profond, premier lobe d'abord large et court, puis divisé en trois lobules asymétriquement par deux sellettes très inégales; deuxième selle latérale également très asymétrique. Ces caractères sont déjà très apparents aux diamètres de 5^{mm}-10^{mm}.

Ce groupe ne dérive pas de *Desm. strettostoma* Uhl. (Barrémien) dont les éléments cloisonnaires sont beaucoup moins massifs. Il dérive vraisemblablement des *Leopoldia* valanginiens précurseurs des *L. Castellanensis* d'Orb. sp. auxquels il se relie par une forme hauterivienne que Baumberger [6] a décrite comme *Desm. Beudanti*, et qui, sans être identique aux formes albiennes typiques de cette espèce, possède cependant tous les caractères essentiels du groupe A.

B. Groupe de *Desm. Sayni* Paquier. — Ornementation plus accentuée que dans le groupe A et rappelant un peu celle des *Streblites*. Par la forme des éléments cloisonnaires (en particulier du premier lobe latéral), ce groupe se rattache, non pas aux *Streblites*, mais aux *Leopoldia* (*L. Castellanensis* d'Orb. sp. a une ornementation

---

(1) Séance du 8 septembre 1919.

(2) K.-A. ZITTEL, *Handbuch der Palæontologie*, t. 2, p. 465-466.

(3) CH. SARASIN, *Quelques considérations...* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. 25, 1897, p. 760-799).

(4) CH. JACOB, *Ammonites du Crétacé moyen* (*Mém. Soc. Géol. Fr.*, n° 38, 1907).

(5) W. KILIAN, *Lethæa geognostica*, II, 3, I (Unterkreide), *Lfg.*, 2 et 3, 1910, et *Notice sur les travaux....* Lyon, Rey; 1915.

(6) E. BAUMBERGER, *Fauna der untern Kreide...* (*Mém. Soc. Pal. Suisse*, t. 32, 1905, pl. V, fig. 2).

analogue à celle de *Desm. Sayni*, seulement un peu plus accusée, avec des tours un peu moins embrassants).

C. Groupe de *Desm. difficile* d'Orb. sp. (sous-genre *Barremites* Kilian). — Éléments cloisonnaires plus étroits et plus profondément découpés que dans les groupes précédents. Les stades jeunes, connus surtout chez *Desm. strettostoma* Uhl. et *Desm. Gouxi* Sayn rapprochent étroitement ce groupe des *Saynella* Kilian et permettent par conséquent de le rattacher, comme les *Saynella* (ex.: *Saynella clypeiformis* d'Orb. sp.), aux *Leopoldia* (1).

D. Groupe de *Desm. cassida* Rasp. sp. — Je crois pouvoir regarder comme les stades jeunes d'une espèce de ce groupe certaines formes pyriteuses à premières cloisons très asymétriques, distinctes des formes jeunes du groupe C par leur ombilic plus large, leur forme plus globuleuse au même diamètre, l'apparition plus précoce des constrictions. Ce groupe est étroitement apparenté au précédent.

Les formes de ces quatre groupes peuvent donc être rattachées aux premières *Leopoldia* dont les tours deviendraient plus embrassants et dont l'ornementation s'atténuerait. Les *Saynella*, qui ont la même origine, conservent à l'état adulte des lignes cloisonnaires à éléments très massifs et prennent, d'autre part, une section plus triangulaire.

Deuxième série. — E. Groupe de *Desm. Mayorianum* d'Orb. sp. (sous-genre *Puzosia* Bayle emend. Jacob). — Lignes cloisonnaires différentes de celles des groupes précédents : lobe siphonal long, première selle latérale légèrement asymétrique (segment externe prédominant) ; premier lobe latéral étroit et profond, les trois lobules de sa base étant courts, et séparés par deux sellettes sensiblement de même hauteur; deuxième selle latérale d'abord trifide puis bifide avec prédominance du segment interne; éléments auxiliaires dessinant par leur ensemble un lobe sutural.

Les plus anciennes formes connues de ce groupe [*D. ligatum* d'Orb. sp. (Hauterivien)] n'ont pas de lobe sutural et la seconde selle latérale reste ordinairement trifide à l'état adulte.

F. Groupe de *D. latidorsatum* Michelin sp. (sous-genre *Latidorsella* Jacob). — Ce groupe se distingue du précédent par la décroissance régulière des éléments cloisonnaires et par la symétrie des selles. Il paraît représenté dès le Valanginien, par une forme d'ailleurs mal connue (*Desm. Celestini* Pictet et Camp. sp.).

G. Groupe de *D. Rebouli* Jacob (sous-genre *Uhligella* Jacob). — On rattache ordinairement ce groupe à celui de *Desm. cassida*, mais l'évolution cloisonnaire est très différente : les premières cloisons ont un lobe siphonal long et un premier lobe latéral à lobules courts et à deux sellettes de même hauteur. Avec l'âge seulement le lobe siphonal devient plus court que le premier latéral, qui conserve ses caractères. Les éléments cloisonnaires décroissent régulièrement, sauf que le segment interne de la

(1) W. Kilian, *Un nouvel exemple de phénomènes de convergence* (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 150).

deuxième selle latérale est légèrement en saillie. Ce groupe est déjà représenté au Barrémien (*D. Lechicum* Uhlig).

Les formes les plus anciennes de la deuxième série (surtout *Puzosia ligata*) sont voisines des *Holcodiscus* à constrictions (*Spitidiscus* Kilian; ex. : *Sp. intermedius* d'Orb. sp.), aussi bien par leurs cloisons que par leur ornementation, plus accentuée seulement chez les *Spitidiscus*. Il paraît probable que ces groupes dérivent, par l'atténuation de l'ornementation, des *Spitidiscus* valanginiens, précurseurs de *Sp. intermedius*.

Les deux séries distinguées plus haut, et rattachées ici, l'une aux *Leopoldia*, l'autre aux *Spitidiscus*, ont, semble-t-il, une origine commune dans les *Idoceras* Burckhardt du Kimmeridgien du Mexique ([1]). Certains *Idoceras* (*Id. Neohispanicum*...), par leur ornementation, par l'atténuation siphonale des côtes, par l'asymétrie du premier lobe latéral, se relient aux *Leopoldia* tithoniques. D'autres (*Id. Humboldti*...) ont une ornementation et une ligne cloisonnaire de *Spitidiscus*, leur liaison avec les *Spitidiscus* crétacés étant établie par les jeunes de *Spiticeras pronum* Opp., dont Burckhardt a signalé déjà l'analogie avec les jeunes *Idoceras*. Cette origine commune des divers groupes de *Desmoceras* s. l. évoluant ensuite presque parallèlement expliquerait en partie les nombreux exemples de convergences, dans la forme extérieure, entre espèces des groupes différents, convergences qui rendent souvent très délicate la détermination des *Desmoceras* lorsqu'on n'a pas de renseignements sur l'évolution des lignes cloisonnaires.

BOTANIQUE. — *L'appareil conducteur foliaire des Hamamélidacées et des formes voisines*. Note ([2]) de M. **F. Morvillez**, présentée par M. Guignard.

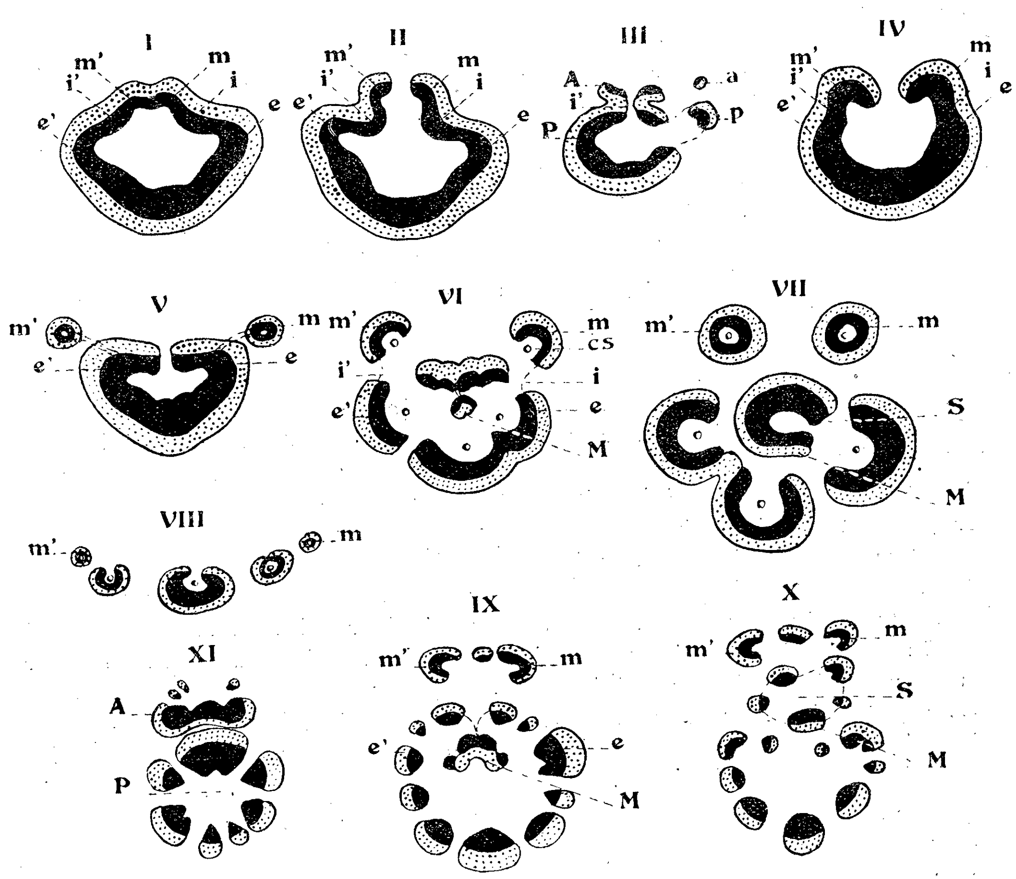
L'appareil conducteur foliaire des *Balsamifluées* se rattache à celui des *Hamamélidacées* par l'intermédiaire des *Bucklandiées*. Les Platanes présentent, avec cet ensemble de types, un certain nombre d'analogies.

I. Hamamélidacées. — 1° *Hamamélidées*. — La chaîne foliaire de la plupart des plantes de cette tribu (*Hamamelis virginiana* L., *Parrotia persica* D. C., *Fothergilla alni-*

([1]) C. Burckhardt, *Faune jurassique de Mazapil* (*Boletín Inst. Geol. Mexico*, n° 23, 1906) et *Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo* (*Ibid.*, n° 29, 1912).

([2]) Séance du 15 septembre 1919.

folia L.) est constituée, à la base du pétiole, par un anneau fermé résultant de la juxtaposition, bord à bord, des trois faisceaux venus de la tige. Vers le tiers inférieur du pétiole, cet anneau est déformé par quatre saillies (*fig.* 1): deux saillies antérieures



PRINCIPAUX ASPECTS DE LA CHAINE FOLIAIRE DES HAMAMÉLIDACÉES ET DES FORMES VOISINES.

I, II, III. *Fothergilla alnifolia* L. : I, base du pétiole; II, sommet du pétiole; III, base de la nervure médiane. — IV. *Disanthus cercidifolia* Max., sommet du pétiole. — V. *Bucklandia populnata* D. C., sommet du pétiole. — VI et VII. *Liquidambor styraciflua* L. : VI, base du pétiole; VII, sommet du pétiole. — VIII. *Altingia chinensis* Hook, sommet du pétiole. — IX, X et XI. *Platanus orientalis* L. : IX, base du pétiole; X, sommet du pétiole; XI, base de la nervure médiane. — Le bois a été représenté par une teinte noire uniforme; le liber, par un pointillé. — *m, m'*, régions marginales; *i, i'*, plis internes; *e, e'*, plis externes; M, faisceau médullaire; S, système supplémentaire; A, arc antérieur; P, anneau postérieur; *a, p*, portions de chaînes se rendant dans une nervure latérale; *cs*, canal secréteur.

symétriques très rapprochées (*régions marginales : m, m'*) et deux saillies postérieures (*plis externes : e, e'*), séparées des premières par une dépression (*plis internes : i, i'*). Au sommet du pétiole (*fig.* 2 et *fig.* 3), la chaîne s'ouvre en avant, les plis internes entrent en contact, la continuité de la chaîne se rompt en ce point (*fig.* 3),

d'où la séparation d'un système fermé postérieur (P) et d'un arc antérieur (A). Les faisceaux des nervures latérales se détachent de celui-ci (*a*); les plus importantes d'entre elles reçoivent de plus des éléments (*p*) de l'anneau postérieur.

2° *Bucklandiées.* — *Premier type : Disanthus cercidifolia* Max. — La chaîne foliaire présente dans le pétiole la même structure que chez les Hamamélidées, mais les plissements qui se forment vers la région supérieure (*fig.* 4) sont moins accentués, les régions marginales sont plus éloignées l'une de l'autre; l'arc antérieur présente en son milieu une légère saillie vers l'intérieur de l'organe. Les régions marginales (*m*, *m'*) constituent ici exclusivement l'appareil vasculaire de la première paire de nervures, les plis externes (*e*, *e'*) celui de la deuxième paire.

Deuxième type : Bucklandia populnata R. Br. — Les régions marginales très éloignées se séparent complètement des autres éléments de la chaîne sous forme d'anneaux fermés (*fig.* 5) et s'épuisent en vascularisant la première paire de nervures.

II. Balsamifluées. — *Premier type : Liquidambor styraciflua* L. — Chacun des trois faisceaux venus de la tige se recourbe en arc de cercle et tend à entourer le canal sécréteur situé à sa région antérieure. Les arcs latéraux, au-dessus ou au-dessous du point où ils s'unissent au médian, émettent deux arcs ou deux anneaux plus petits correspondant aux régions maginales (*fig.* 6 : *m*, *m'*). Les portions de chaîne correspondant aux extrémités de l'arc médian se replient en forme de crosses, ces crosses entrent en contact par leur face concave; la chaîne se rompt en ce point et l'extrémité des crosses se détache sous forme de faisceau médullaire plus ou moins développé (*fig.* 6 : M) A la région supérieure du pétiole, ce faisceau jalonne avec l'arc antérieur un anneau fermé supplémentaire (*fig.* 7 : S).

Chez le *Liquidambor imberbe* Ait., il ne se forme généralement pas de système médullaire; les éléments des divers faisceaux venus de la tige restent faciles à distinguer dans l'ensemble de la chaîne.

Deuxième type : Altingia chinensis Hook. — Les régions marginales (*m*, *m'*) se détachent des faisceaux latéraux, mais ceux-ci restent indépendants du médian (*fig.* VIII).

Platanacées. — Le genre *Platanus* a été tantôt rattaché aux Urticacées dont il se rapproche par les Artocarpées, tantôt aux Hamamélidées et aux Balsamifluées. Les feuilles qui ont été étudiées par M. Petit étaient asymétriques, celles que nous décrivons sont des feuilles symétriques développées sur des rameaux dressés. A la base du pétiole, les cinq masses vasculaires venues de la tige se disposent suivant un système postérieur et un anneau antérieur. Chacune de ces régions renferme des éléments des divers faisceaux venus de la tige. Les extrémités de l'arc postérieur se recourbent en forme de crosses et constituent, de la même manière que chez le *Liquidambor styraciflua*, un système médullaire (*fig.* IX : M). A la région supérieure du pétiole, la majeure partie du massif médullaire constitue, avec la face antérieure de l'anneau postérieur, un système supplémentaire (*fig.* X : S) qui contribue avec les régions marginales (*m*, *m'*) et l'arc postérieur à la constitution des grosses nervures de la

base du limbe. Dans les grosses nervures, la chaîne foliaire est constituée par un anneau postérieur fermé (*fig.* XI : P) et par un arc antérieur ouvert A.

Conclusions. — 1° Les Hamamélidées et les Balsamifluées possèdent des types d'appareil conducteur foliaire peu différents; mais alors que, chez les premières, les régions d'émission de la chaîne (régions marginales et plis externes) fonctionnent simultanément, chez ces dernières elles fonctionnent successivement; les faisceaux venus de la tige, étroitement soudés dès la base du pétiole chez ces premières, tendent de plus en plus à rester indépendantes chez les secondes.

2° Les chaînes étudiées présentent des analogies : *a.* Les unes (Hamamélidées) avec certaines Rosacées [1] (*Eriobotrya japonica* Lindl., *Holodiscus discolor* Maxim.); *b.* les autres (Balsamifluées) avec les Saxifragacées de la tribu des Codiées [2].

3° Les feuilles des Platanes présentent des caractères communs avec cet ensemble de types : 1° avec les Balsamifluées par l'existence, dans le pétiole, d'abord, d'un faisceau médullaire (M : *fig.* VI et IX), puis, plus haut, d'un système supplémentaire (S : *fig.* VII et X); 2° avec les Hamamélidées, d'un anneau postérieur et d'un arc antérieur (P et A : *fig.* III et VI). La chaîne foliaire des Artocarpées ne présente aucun de ces caractères.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les tumeurs bactériennes expérimentales des Pins.* Note de M. **Jean Dufrénoy**, présentée par M. L. Mangin.

Les *Pinus sylvestris* et *Laricio* de Barèges sont déformés par des tumeurs résineuses identiques à celles des *P. Maritima* et transmissibles d'arbre à arbre, comme l'expérience me l'a montré.

En effet, j'ai piqué avec une aiguille, préalablement plongée dans une tumeur, le cambium de tiges de 2 ans (juillet 1918) et j'ai obtenu des chancres (octobre 1918), puis des tumeurs résineuses (juillet 1919).

---

(1) F. Morvillez, *La trace foliaire des Rosacées* (*Comptes rendus,* t. 165, 1917, p. 597).

(2) F. Morvillez, *L'appareil conducteur des feuilles des Saxifragacées* (*Comptes rendus,* t. 167, 1918, p. 555).

Les bourrelets réactionnels sont des néoplasies cambiales et phyllodermiques de cellules non différenciées, à paroi celluloso-pectique mince, rarement ornée de trachéides lignifiés.

Tandis que les noyaux normaux sont petits et érytrophiles, la masse nucléaire, relativement considérable, est cyanophile avec inclusions erythrophiles; elle se fragmente souvent et les cellules bi et trinucléées sont fréquentes. Ces noyaux se déforment puis disparaissent bientôt.

Le cytoplasme, au début anormalement bourré d'amyloleucites et de tanin, subit alors la fonte résineuse; les cellules à prismes d'oxalate de calcium deviennent très nombreuses.

La lamelle moyenne fond, dans les néoplasies et le stéréome voisin, le long de fentes tangentielles ou radiales.

Les cellules des rayons médullaires, dégénérant sur place, laissent des canaux *où des cellules néoplasiques s'insinuent à la façon d'hyphes parasites*, étendant la tumeur aux tissus anciens. Les assises cambiales et génératrices successives sont infectées sans tendance à la localisation cicatricielle.

Les canaux schizo-lysigènes sont nombreux, mais tantôt la lumière ne se creuse jamais, tantôt elle se comble par l'hypertrophie ou la prolifération des cellules bordières (*canaux pleins*).

Les membranes ligneuses, à la suite de la disparition des substances incrustantes, acquièrent une affinité pour les bleus basiques, elles s'amincissent, perdent la netteté de leurs contours, deviennent colorables par le Sudan III, et fondent en gouttelettes résineuses, laissant des canaux ou des lacunes.

Les Coccus, intra-cellulaires ou rarement dans les lacunes, sont enrobés dans une masse gommeuse; on les voit dans les coupes directement montées au lactophénol sous forme de globules réfringents. Ils se colorent par la safranine ou le cristal-violet aniliné et résistent à la décoloration par l'alcool amylique.

L'inoculation du cambium de nos tumeurs expérimentales à l'agar glucosé peptoné donne directement des cultures pures, localisées et réduites, peu visibles macroscopiquement, et formées de quelques Coccus prenant le Gram, isolés et sphériques, ou allongés et en voie de bipartition, rarement associés en files ou en groupes.

En résumé, l'action des Coccus sur le Pin, d'abord excitante, provoque le développement d'*hyperplasies*, de *cellules-comblantes* dans les lacunes ou

dans les canaux, de *thylles*, surtout au bord des rayons médullaires ([1]). Enfin suit la fonte résineuse des tissus.

ÉCONOMIE RURALE. — *Nouveaux procédés de destruction des Acridiens.* Note de M. **Gaston Bazile**, présentée par M. Marchal.

La question a déjà fait l'objet d'une Note de M. Vayssière ([2]). La plupart des procédés qui y sont mentionnés ont été expérimentés dans la Crau et en Algérie, au cours d'une mission dont j'ai été chargé par la Direction des Services sanitaires et scientifiques du Ministère de l'Agriculture. D'autres expériences étaient projetées, notamment l'essai de l'ypérite et de la vincennite (par éclatement d'obus et de bombes), mais elles n'ont pu avoir lieu en raison du développement des insectes, devenus trop mobiles. Le matériel est resté à pied d'œuvre et ces essais seront faits l'an prochain, s'il y a lieu.

M. Vayssière a rendu compte ([2]) des expériences effectuées en Crau, en collaboration avec MM. Ruby, Amalbert et moi-même. Voici quelques observations complémentaires, faites pour la plupart en Algérie.

Là-bas, les insectes à détruire étaient des Criquets pèlerins (*Schistocerca tatarica*), provenant d'une éclosion tardive, dans la région d'Aïn-Bessen (département d'Alger). Les uns, non encore ailés, constituaient des colonnes en marche sur le sol; d'autres étaient en train de muer (dernière transformation) dans des touffes de jujubier sauvage, sur les lauriers roses et les roseaux des ravins. Ceux-ci présentaient donc une défense moindre.

Essais. — 1° *Lance-flammes.* — Les colonnes de criquets en marche ont été attaquées dans les régions non cultivées, selon la méthode inaugurée avec succès dans la Crau.

L'opérateur, un genou en terre, balaye le sol avec le jet enflammé. Tous les insectes atteints par la flamme, ou situés à moins d'un mètre de la zone balayée, périssent instantanément. D'autres plus éloignés se déplacent, mais avec difficulté, puis finissent

([1]) Voir Miss Gerry, *Tyloses* (*Journal of Agricultural Research*, vol. I, n° 6, pl. VI, 25 mars 1814).

([2]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 245.

par mourir aussi (nous avons trouvé des cadavres à 25 mètres du lieu de l'opération). Les criquets indemnes s'échappent rapidement.

Les criquets sont détruits, soit par la flamme, soit par la seule chaleur, soit enfin par les produits de la combustion de l'huile lourde elle-même. Les premiers sont racornis et présentent une teinte brune. Les seconds conservent leur volume et sont teintés en rose. Les derniers gardent la même apparence.

En Crau, où les insectes étaient sur le sol, nous avons dénombré 1000 cadavres au mètre carré. Un appareil P_3, avec une seule charge de 13^l d'huile lourde, permet de balayer environ 200^{m^2} en moins de 5 minutes.

L'efficacité de ce procédé est plus grande encore contre les insectes en voie de transformation. Ceux-ci réagissent moins. En outre, l'opérateur travaille debout et se déplace plus rapidement. Les arbustes infestés de criquets reçoivent deux ou trois jets enflammés. Leur combustion ainsi provoquée augmente et prolonge l'action du traitement. Pratiquement, aucun insecte n'échappe à la mort; au pied d'une seule touffe de jujubier de 3^{m^2} à 4^{m^2} nous avons compté 3000 cadavres.

Le traitement était fait le matin de très bonne heure, afin de surprendre les criquets engourdis par la fraîcheur de la nuit. Il était suspendu dès qu'avec la chaleur les insectes se déplaçaient en volant.

En six jours, nous avons détruit plusieurs millions d'insectes, sauvegardant ainsi la récolte d'un important vignoble voisin, très menacé.

En outre de la flamme, nous avons expérimenté l'huile lourde non enflammée dont l'action était déjà bien connue et même utilisée. Le service des Epiphyties du Ministère de l'Agriculture a préconisé l'emploi, par épandage sur les jeunes larves de criquets, de la composition suivante :

Huile lourde de houille	5^{kg}
Savon noir	1^{kg}
Eau	94^l

Voulant désinfecter des arbres, sans les détruire, nous les avons arrosés d'huile, pulvérisée en fines gouttes par l'appareil. Les insectes semblaient aussitôt frappés de paralysie, tombaient de branche en branche, non sans essayer de s'y fixer, jusque sur le sol où ils mouraient. Il y a là un mode d'emploi de l'appareil à n'utiliser toutefois que dans le cas où le traitement normal est impraticable, car il consomme davantage d'huile et, par conséquent, est plus onéreux.

Le traitement par lance-flammes consomme environ 700^l d'huile à l'hectare et coûte de 300^f à 400^f. Il semble dispendieux de prime abord. Mais sa grande rapidité d'exécution le rend très nettement supérieur à tous les procédés utilisés jusqu'à ce jour, et son emploi paraît tout indiqué, soit sur les foyers de ponte au moment des éclosions, soit sur les colonnes au début de leur formation, soit encore dans les buissons où les criquets se rassemblent pour se transformer.

2° *Gaz toxiques.* — Nous avons expérimenté un mélange d'oxychlorure de carbone et de chlorure d'étain dans le fond d'un ravin (Oued-Berdi) où les criquets étaient

rassemblés en grand nombre. Les insectes juchés sur les arbrisseaux (lauriers, roseaux) n'ont pas souffert; mais les jeunes sauterelles, sur le sol, ont été rapidement tuées.

Ce procédé, qui met en œuvre un matériel important et peu maniable, fait courir des risques, non seulement aux opérateurs, mais aussi aux hommes et aux animaux du voisinage ainsi qu'à la végétation. Il ne pourrait être utilisable que dans les zones désertiques du Sud.

En résumé, de tous les moyens expérimentés (lance-flammes, produits toxiques, appâts empoisonnés), le lance-flamme semble appelé à rendre le plus de services. Son emploi doit être recommandé et généralisé, dès l'an prochain, avec l'aide de la main-d'œuvre militaire.

Il faut souhaiter que les compagnies de spécialistes, conservées dans l'armée d'après-guerre, soient mises en garnison dans les régions ordinairement ravagées par les criquets et participent à la lutte contre ce fléau. Leur entraînement professionnel et l'agriculture y trouveraient ensemble leur compte.

ANTHROPOLOGIE PÉDAGOGIQUE. — *Différence de progression de l'indice de croissance x dans le sexe masculin et dans le sexe féminin.* Note [1] de M. **Paul Godin**, transmise par M. Edmond Perrier.

Mes Notes antérieures ont établi la valeur de x [2], quotient de $\frac{V}{C}$.

Dès la naissance, la fille marque une légère avance sur le garçon. Ses proportions sont en général mieux définies.

A 2 ans l'égalité s'établit et règne jusqu'aux abords de l'âge de 10 ans.

A partir de l'âge de 10 ans, les proportions vitales de la fille s'établissent et à 12 ans et demi elles ont terminé leur évolution ou peu s'en faut.

x de 10 ans à 12 ans et demi est passé de 4 à 7 chez la fille, tandis que, chez le garçon, x n'atteindra 4 qu'à 12 ans, et n'atteindra 7 qu'à 17 ans et demi.

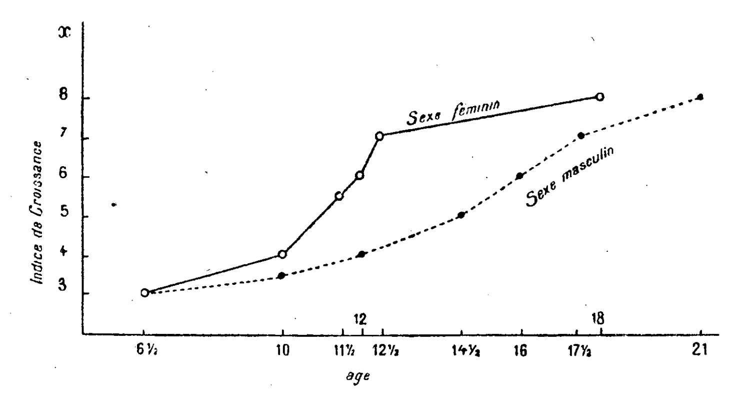
La fille est, par ses proportions vitales, presque adulte, quand le garçon est encore adolescent. x a réalisé chez la fille de 12 ans et demi les $\frac{7}{8}$ de sa valeur adulte, ce qui permet à la puberté de s'établir en un temps relativement court.

---

(1) Séance du 15 septembre 1919.
(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 50, et t. 169, 1919.

Au même âge, 12 ans et demi, le garçon n'a réalisé que les $\frac{4}{8}$ de la valeur de x chez l'adulte. Cela explique dans une certaine mesure le retard de l'éclosion pubertaire, relativement à la fille, et la lenteur de son installation.

Différence de progression de l'indice de croissance x dans les deux sexes.



Garçons.	Ages.	Filles.
1	naissance	1,4
2	6 mois	2
	1 an	
	1 ½	
2,5	2	2,5
	2 ½	
	3	
	3 ½	
	4	
	4 ½	
	5	
	5 ½	
	6	
3	6 ½	3
	7	
	7 ½	
	8	
	8 ½	
	9	
	9 ½	
	10	4
	10 ½	
	11	
	11 ½	5,5
4	12	6
	12 ½	7
	13	
	13 ½	P^3A^1
	14	
5	14 ½	
	15	
P^3A^1	15 ½	
6	16	
	16 ½	
	17	
7	17 ½	
	18	8
	18 ½	
	19	
	19 ½	
	20	
	20 ½	
8	21	

En résumé, la progression de l'indice de croissance x chez la fille est

groupée, *précoce*, *prépubertaire*, chez le garçon est *dispersée*, *tardive*, *postpubertaire*, ou tout au moins péripubertaire.

Déductions pédagogiques. — Les partisans de la coéducation ne peuvent pas ne pas tenir compte de ce facteur biologique.

C'est d'*aprés l'indice de croissance x* et non pas d'après l'âge qu'il faut grouper les enfants des deux sexes.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

ERRATA.

—

(Séance du 28 avril 1919.)

Note de M. *L.-E.-J. Brouwer*, Énumération des groupes finis de transformations topologiques du tore :

Page 845, ligne 8 en remontant, *au lieu de* genre zéro, *lire* genre un.

(Séance du 26 mai 1919.)

Note de M. *L.-E.-J. Brouwer*, Sur les points invariants des transformations topologiques des surfaces :

Page 1042, ligne 9 en remontant, *au lieu de* La transformation de T, *lire* La transformation t de T.

Même page, ligne 5 de la note, *au lieu de* p. 2089, *lire* p. 289.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Allocution prononcée au dîner du centenaire de* J. WATT, *le* 17 *septembre* 1919, *à Birmingham*, par M. A. RATEAU.

Lord Mayor, Mesdames, Messieurs,

J'ai été délégué par l'Académie des Sciences, et aussi par la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, spécialement pour vous apporter le tribut des hommages de la Science et de l'Industrie françaises à la mémoire du grand homme que, pieusement, vous honorez ici, dans les lieux où il a passé la plus grande partie de sa vie, et où son génie a mûri et porté ses fruits.

L'Académie des Sciences ne pouvait manquer de venir s'associer à ces manifestations de votre souvenir; James Watt fut pendant onze ans un de ses membres les plus illustres. Elu Correspondant en 1808, il a été choisi en 1814 l'un des premiers parmi les huit Associés étrangers. A cette époque, nos pays n'étaient pas dans les sentiments de fraternelle amitié où nous les voyons heureusement aujourd'hui, après les immenses et glorieux sacrifices consentis en commun. Il a fallu que l'Académie prisât bien haut les mérites exceptionnels de votre compatriote, et qu'elle s'élevât à une large indépendance d'esprit, pour qu'elle se l'attachât ainsi; et vous estimerez sans doute que cette décision lui fait honneur.

Si l'Angleterre s'enorgueillit de compter Watt au nombre de ses enfants de génie, tous les pays cependant ont bénéficié de ses inventions capitales, et, à ce titre, il appartient à l'humanité entière.

Il était, sous tous les aspects, un homme rare. Doué d'une sagacité étonnante, d'une mémoire prodigieuse et d'un esprit d'ordre inconcevable, il avait lu autant que les hommes les plus érudits de son temps; aussi savait-il beaucoup. Portant ses méditations sur toutes les branches de l'activité humaine, il était très versé dans la Chimie, dans la Physique, dans la Mécanique, naturellement, et même dans la médecine et l'architecture, les instruments de musique. C'était une encyclopédie vivante; nul ne pouvait exposer ses connaisances avec plus de concision, de netteté et de grâce, et il avait le talent aussi de savoir les utiliser. D'une habileté manuelle peu commune, n'a-t-il pas exécuté lui-même un orgue remarquable?

Lord Jeffrey, dans une éloquente Notice, caractérisa heureusement l'intelligence à la fois forte et subtile de son savant ami en la comparant à la trompe, si merveilleusement organisée, dont l'éléphant se sert, avec une égale facilité, pour saisir une paille ou pour déraciner un chêne.

Ajoutez à ces qualités l'esprit d'observation, la persévérance, l'intuition. Observateur patient, Watt l'a été au suprême degré. N'avait-il pas fait graver sur son cachet un œil ouvert avec la devise « observare »? Persévérant, il l'était comme chaque Anglais. Quant à son intuition, ses créations merveilleuses et multiples nous en révèlent l'ampleur.

Watt n'a pas été un empirique. Une méthode logique et précise a toujours dirigé ses recherches. Ses grandes inventions, qui ont révolutionné l'industrie, ne sont en rien tributaires de hasards heureux. Il mesurait les phénomènes, et, au besoin, imaginait les instruments de mesure nécessaires. Il a donc été l'un des premiers, sinon le premier, à réaliser l'application fertile de la Science à l'Industrie dont on parle tant aujourd'hui.

D'ailleurs, il n'a pas connu l'aiguillon de la nécessité, et sa vie, toute patriarcale, vouée à l'étude, au travail, à la méditation, ne nous offre aucun de ces événements fiévreux qui, parfois, font jaillir l'étincelle du génie chez les prédestinés.

Ses perfectionnements à la machine rudimentaire de Newcomen, qui l'ont rapidement conduit, en peu d'années, à la création de la machine à vapeur telle que nous la connaissons, avec presque tous ses caractères essentiels, ne doivent pas être considérés comme le résultat d'observations fortuites ou de soudaines idées ingénieuses. Watt y est arrivé par un inflexible processus de réflexion et par des expériences méticuleuses.

Suivant la maxime de Bacon : « Écrire, parler, méditer, agir quand on n'est pas bien pourvu de faits qui jalonnent la pensée, c'est naviguer sans pilote le long d'une côte hérissée de dangers. » Notre grand homme estimait

évidemment que la mécanique repose sur l'observation attentive des faits et l'expérimentation.

Mais, comme presque tous les inventeurs, Watt se vit disputer la gloire de ses inventions. L'envie se fit ingénieuse; elle alla fouiller dans les bibliothèques et lui contesta avec acharnement une priorité que la justice mit plus de vingt ans à lui consacrer par un arrêt.

Aujourd'hui, ces passions mesquines ont été effacées par le temps, et tout le monde est d'accord pour proclamer Watt un des plus grands bienfaiteurs de l'humanité.

Vous, Anglais, pensez sans aucun doute qu'il a été l'un des meilleurs ouvriers de la grandeur de votre pays en lui apportant le moyen de bénéficier pour votre industrie de vos immenses ressources de charbon.

« Watt, a dit Sir Humphrey Davy, a plus contribué à montrer l'utilité pratique des sciences, à agrandir la puissance de l'homme sur le monde matériel, à multiplier et à répandre les commodités de la vie, que les travaux d'aucun personnage des temps modernes. » Davy n'hésite pas à placer Watt au-dessus d'Archimède.

Watt et son associé Boulton durent lutter pour ne pas être complètement dépouillés des redevances relativement modestes qu'ils demandaient à ceux qui réalisaient d'énormes bénéfices en utilisant leurs inventions.

Comme l'a si bien dit Arago dans son éloge historique de notre confrère, prononcé en 1834 :

« Si les hommes se résignent volontiers à payer le loyer d'une maison, le prix d'un fermage, il n'en est pas de même quand il s'agit d'une idée, fût-elle la plus profitable et la plus avantageuse. Les idées! Mais elles n'exigent ni peine ni efforts! Pourquoi donc en payer le loyer? Il semble que les hommes de génie, ceux qui produisent les idées, doivent rester étrangers aux jouissances matérielles, et l'histoire de la Science est là pour nous montrer la plupart des grands esprits dont s'honore l'humanité, en butte aux persécutions de leurs contemporains. Ces persécutions manquent rarement de les décourager et d'aigrir leur caractère.

» Comment l'heureux naturel de Watt aurait-il résisté à de telles épreuves? Sept longues années de procès continuels! Vous imaginez-vous, Messieurs, ce que cela représente de dépit, d'amertume et de blessures à l'amour-propre? Comme l'on comprend les termes acerbes qu'il emploie à l'égard des plagiaires qui le persécutent! Et pourtant, chose admirable, rien ne peut décourager ce grand homme, rien ne peut briser sa foi dans la

justice de la postérité. Il semble qu'une force supérieure dirigeait ce génie, et, au plus fort de ses épreuves, lui disait : tu vaincras ! »

Watt nous donne encore l'exemple du parfait honnête homme, probe et bienveillant, sensible et digne. C'était, en un mot, un beau caractère. A propos de sa discussion avec Cavendish, au sujet de la composition de l'eau qu'il avait entrevue et indiquée le premier, la chose paraît bien avérée, il écrit à son ami Deluc :

« Si je ne réclame pas mes droits sur-le-champ, imputez-le à une indolence de caractère qui me fait trouver plus aisé de supporter l'injustice, que de combattre pour en obtenir le redressement. Quant à des considérations d'intérêt pécuniaire, elles n'ont à mes yeux aucune valeur. »

Cette « indolence de caractère » dont parle Watt, n'est-ce pas plutôt de la modestie, mieux encore, de la grandeur d'âme?

Ainsi, par l'ensemble unique de ses qualités, par l'ampleur de ses services, par sa modestie charmante, Watt méritait la sollicitude de ses contemporains. Et pourtant, cet homme admirable, ce puissant esprit ne fut pas élevé à la Pairie. On n'y a même pas songé.

Un pareil oubli chez une nation justement fière de ses grands hommes a étonné Arago. « Quand j'en cherchais la cause, dit-il, savez-vous ce qu'on me répondait? Ces dignités dont vous parlez sont réservées aux officiers de terre et de mer, aux orateurs influents de la Chambre des Communes, aux membres de la noblesse. Ce n'est pas la mode de les accorder à des savants, à des littérateurs, à des artistes, à des ingénieurs!

» Comptons sur l'avenir. Un temps viendra où la science de la destruction s'inclinera devant les arts de la paix; où le génie qui multiplie nos forces, qui crée de nouveaux produits, qui fait descendre l'aisance au milieu des masses, occupera dans l'estime générale des hommes la place que la raison, que le bon sens lui assignent dès aujourd'hui. »

Depuis l'époque où ces lignes ont été écrites, les idées ont changé, en effet; sans cesser d'honorer vos grands capitaines, vos grands politiques, vous avez aussi honoré nombre de vos grands hommes de la science, des arts ou de l'industrie; et nous devons admirer profondément le souci que vous avez de marquer votre reconnaissance à ceux qui ajoutent à la force et à la gloire de l'Angleterre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur de nouveaux dispositifs amplificateurs potentiométriques universels*. Note [1] de MM. **Blondel** et **Touly**.

Dans un précédent Mémoire [2] l'un de nous a exposé différents montages permettant de combiner des audions amplificateurs avec les différentes méthodes de mesures antérieurement connues pour la mesure des faibles différences de potentiel; on prévoyait dans ces dispositions l'emploi d'amplificateurs relais à résistance permettant d'augmenter à volonté la sensibilité [3].

En introduisant des simplifications successives, nous avons remplacé ici les ponts de Wheatstone ordinaires déjà étudiés en collaboration, par des dispositifs potentiométriques où les batteries forment une partie des potentiomètres; et pour réduire le nombre des batteries, nous avons utilisé le principe de la régénération d'Armstrong. Nous avons pu obtenir ainsi une sensibilité aussi grande qu'on peut la désirer sur n'importe quel instrument de mesure, soit en courant continu, soit en courant alternatif.

Considérons par exemple le dispositif représenté par la figure 1 et qui se compose de deux étages seulement d'amplificateurs. Le second étage est représenté composé de plusieurs audions en parallèle $A'_1 A'_2 A'_3$, de façon à accroître le courant dans le circuit filament-plaque. Les grilles $G'_1 G'_2 G'_3$ montées en parallèle sont reliées au point D du rhéostat R_2 du premier audion; elles sont donc chargées à la tension $E_2 - r$ par rapport aux filaments.

Le circuit filament-plaque du premier audion comprend les batteries de piles B_1 et B_2 et la résistance réglable R_2. (Les R désignent des rhéostats et les r leurs résistances.)

Nous faisons agir sur le circuit de grille :

1° La force électromotrice e qu'on se propose de mesurer;

2° Une force électromotrice dite *de régénération* qui est prise aux bornes

---

(1) Séance du 11 août 1919.

(2) Mémoire remis à la *Revue générale d'Électricité*, le 28 octobre 1918, et publié le 9 août 1919. Voir aussi H. Abraham et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 49, p. 59-62, et t. 48, p. 1321-1323.

(3) Les relais amplificateurs à résistance ont été employés pour la première fois, croyons-nous, par M. Henri Abraham et M. Léon Brillouin, dans des récepteurs radiotélégraphiques, en combinaison avec des condensateurs.

de la résistance r''_2 du second étage d'amplificateurs ([1]). Supposons d'abord nulle cette dernière.

On voit aisément que la variation de la chute de tension dans R''_2 est de même signe que la variation de potentiel de la première grille G qui lui donne naissance; en effet, une augmentation négative de ce potentiel, réduisant le courant du premier audion, élève la tension de grille du deuxième audion prise en K_1; le courant du second audion augmente donc et, par suite, r'; le potentiel croît en K''_2, sa variation a pour expression

$$v' = r_2 i_1 = \frac{kv}{1 + \frac{\rho}{r_2}}, \tag{1}$$

en appelant k le coefficient d'amplification et ρ la résistance aux variations de courant de plaque i_1. La tension v' sur les grilles du second étage produit, dans le galvanomètre Z, un courant i'_3 qui s'en déduit par la relation (2), dans laquelle on accentue les lettres pour préciser qu'elles se rapportent au second étage d'amplificateurs (n en parallèle) :

$$i'_3 = -n \frac{k' v'}{r' + \rho'\left(1 + \frac{r'_3}{r'_2}\right)} \approx -\frac{nk'v'}{\rho'} \frac{1}{1 + \frac{r'_3}{r'_2}}. \tag{2}$$

Si le galvanomètre Z est mis, non en dérivation comme il est figuré, mais en série dans le circuit de la plaque, il indique la variation de courant

$$i'_3 = -\frac{nk'v'}{\rho'}. \tag{3}$$

On déduit également de (2) la tension entre les points C′ et D′ :

$$r'_2 i'_2 = -\frac{nkk'v}{\left(1 + \frac{\rho}{r_2}\right)\left(1 + \frac{\rho'}{R'}\right)}, \tag{4}$$

ou dans le cas d'un galvanomètre en série ou d'un électromètre :

$$r'_2 i'_2 = -\frac{nkk'v}{\left(1 + \frac{\rho}{r^2}\right)\left(1 + \frac{\rho'}{r'_2}\right)}. \tag{5}$$

([1]) En outre, une force électromotrice constante peut être prise sur la résistance potentiométrique de réglage r_g montée elle-même aux bornes d'une batterie auxiliaire B_0, si l'on désire abaisser le potentiel de la première grille au-dessous du voltage *déjà négatif* (en général suffisamment négatif) pris sur le régénérateur R''_2.

L'épure des courbes caractéristiques des lampes permet de choisir les valeurs à donner à $r_2 r'_2$, $E_1 E_2 E'_2$ pour que les lampes travaillent dans

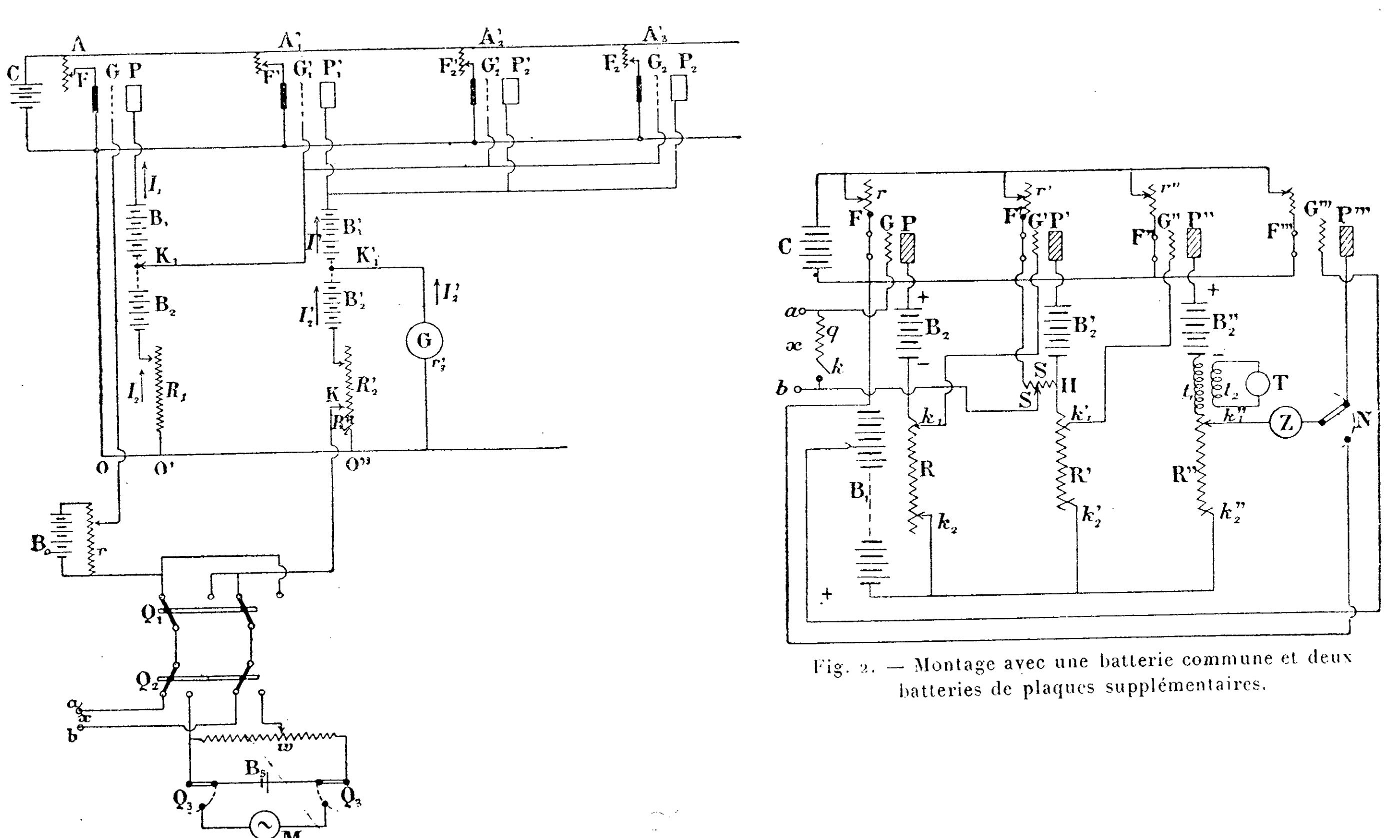


Fig. 2. — Montage avec une batterie commune et deux batteries de plaques supplémentaires.

Fig. 1. — Montage à deux batteries indépendantes.

F, filament. — G, grille. — P, plaque d'un audion. — C, batterie de chauffage du filament d'audion. — B, batterie de piles ou d'accumulateurs alimentant la plaque; D, batterie auxiliaire de quelques éléments, ajoutée éventuellement pour rendre la plaque plus négative par rapport au filament. Pour chacune de ces batteries, les signes + et — indiquent les pôles positif et négatif respectivement. — r, rhéostat de réglage du filament; R_1, R_2, rhéostats de réglage du courant de plaque, pouvant servir éventuellement de potentiomètres, leur résistance sera désignée par r_1 r_2; q, rhéostat d'un ou plusieurs mégohms pouvant être mis par l'intermédiaire d'un commutateur K en dérivation sur la grille pour ramener celle-ci au potentiel du filament; Z, organe récepteur; a, b, bornes entre lesquelles on applique la différence de potentiel continue ou alternative que l'appareil est chargé d'amplifier; K, point de connexion variable d'un fil de connexion avec un des pôles intermédiaires de la batterie de piles ou avec un des plots du rhéostat. Les indices 1, 2, 3 distinguent les organes d'un même montage quand il y en a plusieurs de la même catégorie. Des accents appliqués aux différentes lettres permettent de distinguer un des amplificateurs suivants par rapport au premier. — S, résistance de régénération d'une valeur élevée formant potentiomètre établie en dérivation entre le filament et la grille d'un des audions.

la partie rectiligne de leur caractéristique, et que les grilles soient et restent négatives par rapport aux filaments pendant les oscillations. Un réglage préalable des contacts de la connexion du galvanomètre Z permet

aussi d'obtenir que le courant constant dans ce galvanomètre soit nul et qu'il mesure seulement le courant additionnel i''_3.

Pour la régénération, nous prenons une fraction $\frac{r''_2}{r'_2}$ de la tension sur la résistance R'_2 au moyen du curseur K_3. La grille du premier audion G sera ainsi rendue encore plus négative au régime moyen et sera en outre soumise à une variation de tension totale :

$$v e + \frac{r''_2}{r'_2}(r'_2 i'_2) = e + \frac{r''_2}{r'_2} \frac{n k k' v}{\left(1 + \frac{\rho}{r_2}\right)\left(1 + \frac{\rho'}{R'}\right)},$$

d'où l'on tire la valeur de v en fonction de e :

$$(6) \qquad v = \frac{e}{1 - \frac{R''_2}{R'_2} \frac{k k'}{\left(1 + \frac{\rho}{r_2}\right)\left(1 + \frac{\rho'}{R'}\right)}} = \gamma e.$$

Dans le cas du galvanomètre en série sur le circuit plaque, $R' = R'_2$.

Le rapport γ mesure le coefficient d'amplification par régénération, il peut être rendu théoriquement aussi grand qu'on veut puisque le dénominateur peut être rendu nul. Le courant i''_3 au galvanomètre Z s'en déduit en portant (6) dans (5), d'où :

$$(8) \qquad i''_3 = -\frac{e}{r'_3} \frac{n}{\frac{\rho + r_2}{k r_2} \frac{\rho' + R'}{k' R'} - \frac{r''_2}{r'_2}}.$$

En général, on a avantage à employer des résistances potentiométriques R grandes pour les premiers étages d'amplification et très faibles ou nulles pour le dernier. On a de bonnes conditions de fonctionnement pour les audions de la Radiotélégraphie militaire française avec $E_1 + E_2 = 450$ volts ou davantage et E_1 compris entre 150 et 200 volts; mais on pourrait, tout en conservant $E_1 = 150$ volts, avoir encore un fonctionnement acceptable en limitant E_2 à 175 volts ($E_1 + E_2 = 325$); mais dans ce cas on ne peut se contenter de la batterie B_1 seule pour alimenter le dernier audion, car il faut au moins 275 volts pour que la variation de courant maxima $i = 6,5\,\mu A$ soit réalisable dans la région de proportionnalité.

Le voltage moyen de la grille doit être beaucoup plus négatif pour le dernier audion, dont on utilise le courant dans un galvanomètre, que pour les premiers étages qui sont destinés à produire une variation du potentiel; si l'on prend par exemple 450 volts pour les deux batteries réunies ($E_1 + E_2$),

le potentiel moyen sur la grille du dernier audion devra être de

$$\frac{-18-36}{2} = -27 \text{ volts},$$

tandis qu'on prendra -2 volts ou -4 volts par exemple pour tous les premiers étages d'amplification, car, dans ceux-ci, la variation de potentiel en plus ou en moins sur la grille sera toujours inférieure à 4 volts.

On règle en deux temps : d'abord on amène au voltage négatif voulu la grille du deuxième audion en réglant la résistance R'_2; puis on déplace le curseur K'_2 de façon à régler le degré de régénération; la grille se trouvera ainsi à un potentiel négatif.

Rien n'empêche d'ajouter un troisième étage pour diminuer la délicatesse du réglage du rhéostat régénérateur et surtout pour éviter un décalage de phase du courant du second audion lorsque l'instrument récepteur présente une self non négligeable ou qu'il est muni d'une soupape; car le décalage ou le redressement du potentiel modifierait les résultats de la régénération.

La même théorie et les mêmes formules s'appliquent au montage de la figure 2; il suffit de remarquer que la résistance de régénération S (très grande pour traiter son courant) est alors montée en dérivation et qu'on règle par le curseur le rapport $\frac{s}{S}$ qui règle le potentiel pris sur ce rhéostat et conduit sur la première grille. Il suffit de remplacer partout dans les formules précédentes le rapport $\frac{r''_2}{r'_2}$ qui caractérise le régénérateur par $\frac{s}{S}$.

Quand on abaisse le levier du commutateur N, le galvanomètre Z est monté en pont de Wheatstone modifié comme sur la figure 1; si c'est un galvanomètre à courant alternatif de haute fréquence, on peut ajouter, dans certains cas, un condensateur en dérivation.

On a plus de sensibilité en redressant le courant galvanométrique, comme l'ont déjà proposé MM. Abraham et Eugène Bloch; mais au lieu de détecter le courant, comme ces auteurs, par une lampe détectrice, nous le redressons rigoureusement même avec faible voltage, par une lampe valve, montée en soupape, comme le montre la figure 2. En donnant à la grille, par une connexion convenable avec la batterie B, un potentiel suffisamment positif (4 à 6 volts avec les lampes considérées), on obtient l'utilisation d'une seule alternance sur deux et la proportionnalité des déviations.

Notre appareil de la figure 2 (un simple commutateur N permettant de passer d'un montage à l'autre, sans changer les lampes ni les étages

d'amplification) se prête à toutes les applications exigeant la mesure ou l'enregistrement de faibles différences de potentiel, même statiques; on peut aussi oscillographier les variations rapides de ces tensions.

On pourra, en combinant ainsi l'oscillographe avec le quartz de Curie, enregistrer les courbes de variations de pressions dans un crusher [1] ou dans un cylindre de machine thermique, en même temps qu'on oscillographiera la variation de température par un thermo-couple.

Nous avons également étudié l'application de notre amplificateur à la photométrie (en combinaison avec les photomètres énergétiques qui deviennent ainsi utilisables pour la première fois) et à la téléphonie, car il a l'avantage de ne pas déformer les ondes.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les mines errantes sur l'Atlantique nord.* Note de S. A. S. **Albert, Prince de Monaco.**

A la séance du 30 décembre 1918, je communiquais à l'Académie une Note sur la route que suivraient les mines flottantes placées, pendant la guerre allemande, sur les côtes européennes de l'Atlantique. Je donnais, avec la même Note, les indications que j'estimais utiles pour faire suivre aux bateaux de la navigation transatlantique des routes libres ou plus ou moins libres de ce danger : aujourd'hui, je présenterai des faits survenus depuis et qui confirment les formules d'où sont sorties ces conclusions.

Des observations télégraphiquement communiquées au colonel Chaves, directeur du Service météorologique des Açores, par le *Weather Bureau* et l'*Hydrographic Office* de Washington, me permettent de réunir ici quelques résultats acquis. Trente-trois mines ont été rencontrées sur des points de l'Atlantique nord, dont vingt-six ont été aussitôt portées sur ma carte du *Gulf Stream*. Il s'agit des premières mines qui reviennent d'Amérique après un flottage de quatre années dans la circulation que le grand courant océanien influence et qui, durant cette période, auront visité la Manche, le golfe de Gascogne, certaines côtes d'Espagne, la côte portugaise, les îles Canaries, les Antilles et les Açores, pour regagner ensuite les eaux européennes.

C'est une démonstration par l'expérience, que ces mines présentent un

---

(1) Suivant la méthode récemment décrite par deux physiciens anglais.

danger permanent sur tout le parcours du *Gulf Stream*, où elles flotteront jusqu'à leur élimination accidentelle. Et tant qu'il existera dans la Manche ou dans l'Atlantique nord des champs de mine incomplètement détruits, et qui lâcheront leurs engins au gré des courants, ces objets, s'ajoutant à ceux qui reviennent d'Amérique, maintiendront l'abondance des mines errantes à un niveau voisin de celui qui régnait à la fin de la guerre.

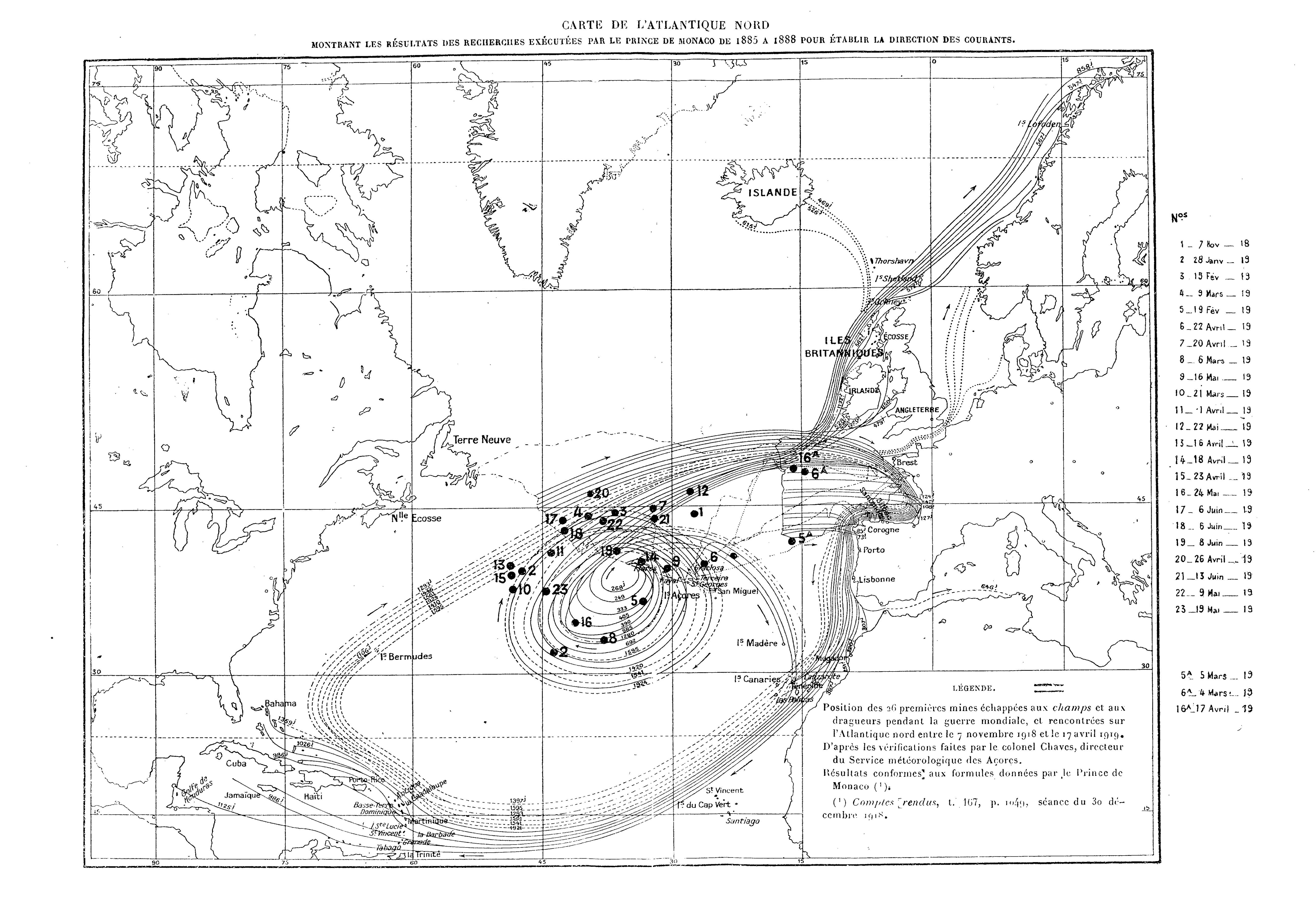
J'ai dit déjà et je répète, pour l'information des navigateurs, qu'en dehors des éliminations dues aux accidents de la route ou au travail des dragueurs, un certain nombre de mines échappent au grand cycle qui enveloppe la presque totalité de l'Atlantique nord, et tombent dans le tourbillon qui centralise une partie du flottage : dans la mer des Sargasses, entre les Açores et le golfe du Mexique. Il y a aussi des mines revenues de l'Ouest jusque près de l'Europe, et dont le cycle océanien est raccourci par l'attraction du massif des Açores, et d'autres qui abandonnent complètement ce cycle aux approches de la Manche, pour longer l'Irlande et l'Écosse, gagner la Norvège et se faire détruire par les glaces de la mer polaire. Ces aberrations sont dues surtout à l'action de certaines tempêtes.

Les informations de l'Observatoire des Açores constatent que les vingt-six premières mines errantes, dont la rencontre dans la région des Açores lui a été signalée récemment, se trouvaient entre 30° et 50° de latitude nord et entre 10° et 50° de longitude ouest de Greenwich, ce qui confirme le calcul d'une zone très dangereuse que j'ai fourni dans ma Note du 30 décembre 1918. Les dates de ces rencontres, placées entre le 7 novembre 1918 et le 17 avril 1919, confirment aussi mon calcul de la durée de ce flottage pour ramener les mines vers l'entrée de la Manche : j'avais prévu un délai de quatre années et c'est bien ce que donne la moyenne des dates reçues par le colonel Chaves, si l'on estime que la fuite des mines de la Manche a commencé vers le quatrième trimestre de 1914. Ici je note que, parmi les trente-trois mines signalées par l'Observatoire des Açores comme revenant d'Amérique et se dirigeant vers l'Europe, il peut y en avoir que les Américains des États-Unis avaient placées sur leurs côtes orientales pour les protéger. L'entrée de ces mines dans le cycle océanien serait alors relativement récente : elles n'auraient pas encore achevé leur première traversée de l'Atlantique. Les éléments nécessaires pour fixer la position actuelle des sept mines, plus récemment signalées, ne me sont pas encore parvenus.

En résumé, je maintiens aussi fermement que je les ai établies au mois de décembre 1918 les conclusions de ma première Note et concernant les

CARTE DE L'ATLANTIQUE NORD

MONTRANT LES RÉSULTATS DES RECHERCHES EXÉCUTÉES PAR LE PRINCE DE MONACO DE 1885 A 1888 POUR ÉTABLIR LA DIRECTION DES COURANTS.



Nos

1 _ 7 Nov _ 18
2 _ 28 Janv _ 19
3 _ 15 Fév _ 19
4 _ 9 Mars _ 19
5 _ 19 Fév _ 19
6 _ 22 Avril _ 19
7 _ 20 Avril _ 19
8 _ 6 Mars _ 19
9 _ 16 Mai _ 19
10 _ 21 Mars _ 19
11 _ 1 Avril _ 19
12 _ 22 Mai _ 19
13 _ 16 Avril _ 19
14 _ 18 Avril _ 19
15 _ 23 Avril _ 19
16 _ 24 Mai _ 19
17 _ 6 Juin _ 19
18 _ 6 Juin _ 19
19 _ 8 Juin _ 19
20 _ 26 Avril _ 19
21 _ 13 Juin _ 19
22 _ 9 Mai _ 19
23 _ 19 Mai _ 19

5A _ 5 Mars _ 19
6A _ 4 Mars _ 19
16A _ 17 Avril _ 19

zones dangereuses créées par les mines errantes pour la navigation transatlantique : ces mines persisteront à flotter en nombre considérable, et pendant beaucoup d'années, entre les limites que j'ai données et plus particulièrement vers les côtes d'Europe, autour des Canaries, de Madère et des Açores, entre cet archipel et le courant froid, et dans la mer des Sargasses.

En outre, je ne considère pas comme impossible que des mines en marche vers l'Europe et portées sur le bord septentrional des eaux chaudes soient jetées dans les eaux froides qui descendent des régions du Spitzberg, du Groenland et de l'Islande : ce cas, plutôt rare, entraînerait certainement les mines qu'il vise, sur la côte des États-Unis.

CORRESPONDANCE.

M. **Désiré Guiette** fait don à l'Académie d'un herbier ayant appartenu à M. Jules Cloquet, Membre de l'Académie.

M. **M. Bertrand de Fontviolant** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places de la Section des *Applications des Sciences à l'Industrie*.

M. **Séjourné** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des *Académiciens libres*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites de fonctions holomorphes.* Note de M. **J. Wolff.**

1. *Étant donnée une suite convergente*

$$(1)\qquad f_1(z),\ f_2(z),\ \ldots\ f_n(z),\ \ldots$$

de fonctions holomorphes dans un domaine $\mathfrak{D}$, *une condition nécessaire et suffisante pour que la fonction limite* $f(z)$ *soit elle-même holomorphe dans* $\mathfrak{D}$

est la convergence quasi-uniforme de la suite de fonctions

$$(2)\qquad \psi_n(x,y,z)=\frac{(y-z)f_n(x)+(z-x)f_n(y)+(x-y)f_n(z)}{(x-z)(y-z)}$$

sur tout ensemble E *borné et fermé que l'on peut former en associant des valeurs* x, y, z *de* $\mathfrak{D}$ *qui évitent les triples* $x=z$, $y\neq z$ *et les triples* $x\neq z$, $y=z$.

Faisons d'abord une petite remarque : pour $x\neq z$, $y\neq z$, on peut écrire

$$\psi_n(x,y,z)=\frac{f_n(x)-f_n(z)}{x-z}-\frac{f_n(y)-f_n(z)}{y-z}.$$

Si x, y et z s'approchent d'une même limite z_0, ψ_n s'approche de $f'_n(z_0)-f'_n(z_0)=0$. On obtient une fonction holomorphe des trois variables $\psi_n(x,y,z)$, si l'on donne la valeur zéro à cette fonction en un point $x=y=z$ et, de la même manière, la valeur $f'_n(z)-\frac{f_n(y)-f_n(z)}{y-z}$ si $x=z$, $y\neq z$; $\frac{f_n(x)-f_n(z)}{x-z}-f'_n(z)$ si $x\neq z$, $y=z$. Dans l'énoncé, il faut entendre par ψ_n la fonction ainsi définie.

La condition est nécessaire. En effet, étant donnés deux nombres positifs ε, N, on peut trouver un indice $N'>N$, de sorte que, en un « point » donné $P(x,y,z)$ de E, on ait

$$(3)\qquad |\psi_{N'}(x,y,z)-\psi(x,y,z)|<\varepsilon$$

en désignant par $\psi(x,y,z)$ la limite de $\psi_n(x,y,z)$ pour n infini. Car ψ_n converge en tout point de E : si $x\neq z$, $y\neq z$, on a

$$\lim_{n=\infty}\psi_n(x,y,z)=\frac{f(x)-f(z)}{x-z}-\frac{f(y)-f(z)}{y-z}=\psi(x,y,z),$$

et si $x=y=z$, on a

$$\psi_n(x,y,z)=0;$$

donc

$$\lim_{n=\infty}\psi_n(x,y,z)=\psi(x,y,z)=0.$$

La fonction ψ est holomorphe si on lui donne la valeur zéro pour $x=y=z$, la valeur $f'(z)-\frac{f(y)-f(z)}{y-z}$ pour $x=z$, $y\neq z$ et la valeur $\frac{f(x)-f(z)}{x-z}-f'(z)$ pour $x\neq z$, $y=z$.

Par suite de la continuité des fonctions $\psi_{N'}$ et ψ, on peut trouver un

nombre positif δ tel que les inégalités

$$|x'-x|<\delta, \quad |y'-y|<\delta, \quad |z'-z|<\delta$$

entraînent

$$(4) \qquad |\psi_{N'}(x', y', z')-\psi(x', y', z')|<\varepsilon,$$

ψ étant $\lim\limits_{n=\infty}\psi_n$ pour les points de E. Or on peut recouvrir E au moyen d'un nombre fini de domaines

$$|x'-x|<\delta, \quad |y'-y|<\delta, \quad |z'-z|<\delta,$$

correspondant aux points de E de la manière indiquée. Parmi un nombre limité d'indices supérieurs à N on peut donc, pour chaque point de E, en choisir un, de manière à satisfaire à (4); c'est-à-dire que la suite (2) converge quasi uniformément sur E.

La condition est suffisante. En effet, considérons deux suites de points dans $\mathfrak{D}$, $x_1, x_2, \ldots$ et $y_1, y_2, \ldots$ ayant toutes les deux pour limite un même point z de $\mathfrak{D}$. L'ensemble (x_k, y_k, z) forme, avec le point $x=y=z$, un ensemble borné et fermé E. Nous supposerons $x_k \neq z$, $y_k \neq z$, $(k=1, 2, \ldots)$. Alors la suite (2) converge quasi uniformément sur E. Cela a pour conséquence que

$$\lim_{k=\infty}\left[\frac{f(x_k)-f(z)}{x_k-z}-\frac{f(y_k)-f(z)}{y_k-z}\right]=0.$$

Donc, sur toute suite $(x_k)\left[x_k \neq z, \lim\limits_{k=\infty} x_k = z\right]$, le quotient

$$\frac{f(x_k)-f(z)}{x_k-z}$$

s'approche d'une limite finie pour $k=\infty$. Donc $f(z)$ a une dérivée en tout point z de $\mathfrak{D}$. Le théorème est démontré.

II. D'une manière analogue, on démontre le théorème suivant :

Si les fonctions de la suite (1) $f_1, f_2, \ldots$ *sont holomorphes dans* $\mathfrak{D}$, *si la suite converge en un point de* $\mathfrak{D}$, *et si la suite*

$$\varphi_n(x, y)=\frac{f_n(x)-f_n(y)}{x-y}$$

converge quasi uniformément sur l'ensemble (x, y), x *et* y *appartenant à* $\mathfrak{D}$, *alors la suite* (1) *converge vers une fonction* f, *holomorphe dans* $\mathfrak{D}$, *et l'on a*

$$\lim_{n=\infty} f'_n(z)=f'(z)$$

en tout point de $\mathfrak{D}$.

III. *Si la suite* (1) *converge vers une fonction f, holomorphe dans* $\mathfrak{D}$, *et si la suite*

$$f'_1(z),\quad f'_2(z),\quad \ldots\quad f'_n(z),\quad \ldots$$

converge quasi uniformément sur tout ensemble borné et fermé de $\mathfrak{D}$, *on a*

$$\lim_{n=\infty} f'_n(z) = f'(z)$$

en tout point de $\mathfrak{D}$.

En effet, $f'_n(z)$ s'approche d'une fonction *continue* $\chi(z)$.

D'après un théorème connu de M. Paul Montel, tout domaine de $\mathfrak{D}$ contient un domaine $\mathfrak{D}'$ dans lequel la convergence de (1) est uniforme, de sorte que, dans $\mathfrak{D}'$, on a

$$\chi(z) = f'(z).$$

Puisque les fonctions χ et f' sont continues et que les points où $\chi = f'$ forment un ensemble partout dense dans $\mathfrak{D}$, on a, dans tout le domaine $\mathfrak{D}$, $\chi = f'$.

MÉCANIQUE. — *Sur la période des conduites possédant une poche d'air.* Note de M. **Foch**, présentée par M. Rateau.

J'ai, dans une Note précédente, établi la relation liant la période propre d'une conduite horizontale, à caractéristique unique et pourvue d'une poche d'air à son extrémité aval, aux constantes de la conduite.

Je vais traiter le même problème dans le cas d'une poche d'air placée en un point quelconque; je conserverai les notations précédentes.

Soient L_1 et L_2 les longueurs des portions de la conduite situées respectivement en amont et en aval de la poche.

On a, à la partie amont, en comptant les distances à partir de la poche d'air,

$$y_1 = y_0 + F_1\left(t + \frac{x}{a}\right) - F_2\left(t - \frac{x}{a}\right),$$

$$v_1 = -\frac{g}{a}\left[F_1\left(t + \frac{x}{a}\right) + F_2\left(t - \frac{x}{a}\right)\right].$$

La constante de la pression à l'extrémité amont donne

$$F_2(t) = F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right).$$

Donc à la poche d'air on a

$$y_1 = y_0 + F_1(t) - F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right),$$
$$v_1 = -\frac{g}{a}\left[F_1(t) + F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right)\right].$$

Prenons la partie aval : en comptant les distances à partir du distributeur, et en exprimant que ce dernier est fermé brusquement au temps o, on a

$$G_1(t) + G_2(t) = 0.$$

Par suite, on a à la poche d'air

$$y_2 = y_0 + G_1\left(t + \frac{L_2}{a}\right) + G_2\left(t - \frac{L_2}{a}\right),$$
$$v_2 = -\frac{a}{g}\left[G_1\left(t + \frac{L_2}{a}\right) - G_2\left(t - \frac{L_2}{a}\right)\right].$$

Exprimons que la pression a une valeur unique à la poche d'air :

$$(1)\qquad F_1(t) - F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right) = G_1\left(t + \frac{L_2}{a}\right) + G_2\left(t - \frac{L_2}{a}\right).$$

Si $F(t) = \sin mt$, le premier membre de l'équation (1) est de la forme

$$2A \sin\frac{mL_1}{a} \cos m\left(t - \frac{L_1}{a}\right).$$

Par suite, $G(t)$ est de la forme $B\cos(mt + \varphi)$, B et φ étant tels que l'on ait, quel que soit t,

$$A \sin\frac{mL_1}{a} \cos m\left(t - \frac{L_1}{a}\right) = B\cos\frac{mL_1}{a} \cos m\left[\left(t - \frac{L_2}{a}\right) + \varphi\right],$$
$$A\sin\frac{mL_1}{a} = B\cos\frac{mL_2}{a}.$$

Or, à la poche d'air, la condition de continuité s'écrit, pour de petites oscillations,

$$v_1 - v_2 = \frac{-\alpha}{S}\,\frac{d}{dt}\left(y^{-\frac{1}{\gamma}}\right) = \frac{u_0}{S y_0 g}\,\frac{d}{dt}(y - y_0).$$

Par suite,

$$\frac{g}{a}\left[A\cos\frac{mL_1}{a}\sin m\left(t - \frac{L_1}{a}\right) + B\sin\frac{mL_2}{a}\sin m\left(t - \frac{L_1}{a}\right)\right]$$
$$= \frac{mu_0}{S y_0 \gamma} A \sin\frac{mL_1}{a}\sin m\left(t - \frac{L_0}{a}\right),$$
$$\cot\frac{mL_1}{a} + \operatorname{tang}\frac{mL_2}{a} = a\,\frac{mu_0}{gS\gamma y_0},$$

relation qui, pour $L_2 = 0$, donne la relation de la Note précitée

$$m \tang \frac{mL}{a} = \frac{Sg\gamma y_0}{au_0}.$$

On remarquera l'analogie entre les vibrations d'une conduite munie d'une poche d'air et celle d'une antenne pourvue d'un condensateur.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Traitements thermiques d'alliages d'aluminium.* Note (¹) de M. **Grard**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Les alliages étudiés avaient la composition moyenne suivante :

Cuivre	3,5 à 4 pour 100
Magnésium (environ)	0,5 »
Manganèse	0,5 à 1 »
Aluminium + impuretés	par différence.

Ils correspondent au type alliage léger à haute résistance dit « Duralumin ».

L'étude des variations des caractéristiques mécaniques de l'alliage écroui en fonction de la *température de chauffage* après écrouissage et de la *vitesse de refroidissement* consécutive à ce chauffage a donné des résultats que la présente Note a pour objet d'exposer :

a. Mode de chauffage. — L'alliage a été porté par immersion dans l'huile ou dans le bain de sel (azotite de soude, azotate de potasse) à des températures croissant de 50° en 50°, depuis la température ordinaire jusqu'à la température de 500°.

b. Mode de refroidissement. — Trois vitesses de refroidissement après chauffage ont été adoptées, à savoir :

Vitesse n° 1 ou refroidissement très lent dans l'enceinte thermique (100° au maximum d'abaissement de température à l'heure);

Vitesse n° 2 ou refroidissement à l'air;

Vitesse n° 3 ou refroidissement par immersion dans l'eau à 20°, ce qui correspond à la trempe à l'eau.

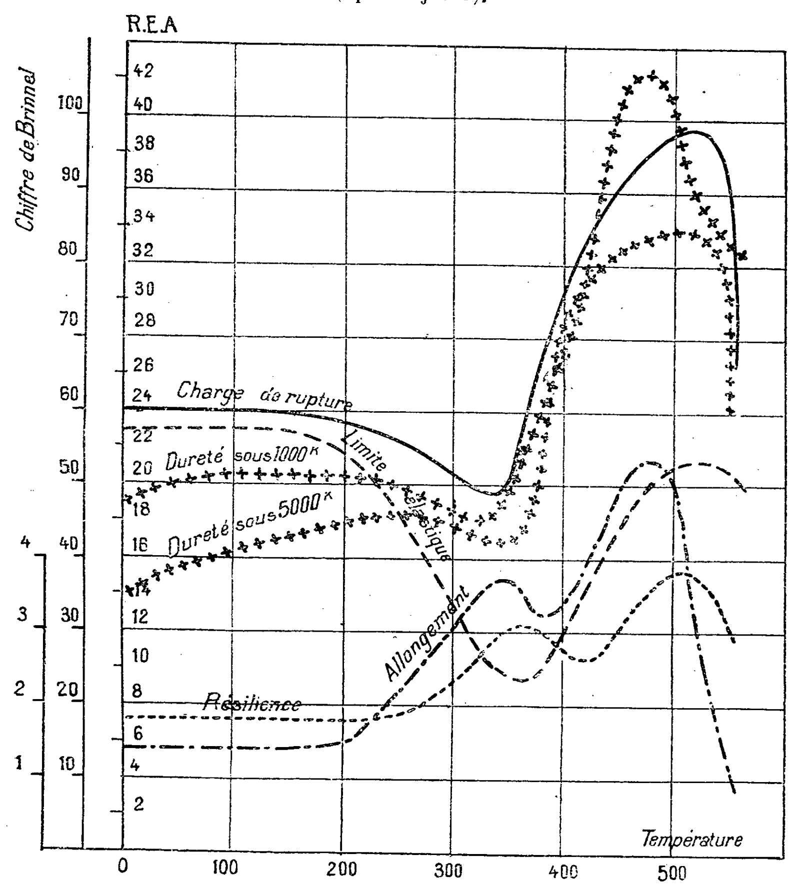
Dans l'intervalle de 8 jours consécutif au refroidissement, des essais ont été exécutés et ont montré que l'état moléculaire ne subissait pas à l'air

(¹) Séance du 22 septembre 1919.

libre de modification dans ledit intervalle quand on avait adopté la vitesse de refroidissement n° 1 définie ci-dessus.

Au contraire, l'emploi des vitesses n° 2 et n° 3 entraîne à l'air libre dans ces 8 jours des modifications moléculaires qui sont plus profondes dans le

Variations des propriétés mécaniques en fonction des températures de trempe (après 8 jours).



cas de la vitesse n° 3 (trempe à l'eau) que dans le cas de la vitesse n° 2 (refroidissement à l'air). Ces modifications, sensiblement nulles pour les températures de chauffage comprises entre 0° et 300°, s'accentuent pour ces deux vitesses avec l'élévation de température de chauffage.

Au bout de 8 jours, les caractéristiques mécaniques sont demeurées sensiblement stationnaires, sans qu'on puisse actuellement préjuger des variations éventuelles dans l'avenir, quelles que soient la température de

chauffage et la vitesse de refroidissement, 8 jours après le moment où le refroidissement avait été obtenu.

Les expériences entreprises mettent en évidence, pour les trois vitesses de refroidissement envisagées, deux températures de chauffage particulières, à savoir :

Chauffage à 350° et chauffage à 475°.

A chacune de ces températures et pour l'une quelconque des trois vitesses de refroidissement correspond, d'une part, un maximum des allongements et des résiliences; d'autre part, un minimum des autres caractéristiques mécaniques (résistance, limite élastique, dureté) pour le chauffage à 250°, et un maximum de ces dernières caractéristiques pour le chauffage à 475°.

Les Tableaux ci-après dans lesquels :

R = charge la plus élevée atteinte au cours de l'essai exprimé en kilogrammes par millimètre carré de la section initiale;

E = limite apparente d'élasticité;

A = allongement pour 100 après rupture en appliquant la formule de similitude $\frac{L^2}{S} = 66,67$ (L étant la longueur entre repères et S la section initiale du barreau);

ρ = résilience ou nombre de kilogrammètres rapporté au centimètre carré de section nécessaire pour amener la rupture par choc d'un barreau $10 \times 10 \times 53,3$ avec entaille médiane de 2^{mm} de largeur, 2^{mm} de profondeur et fond arrondi de 1^{mm} de rayon,

résument les résultats :

Recuit à 250°.

Caractéristiques.	Vitesse de refroidissement n° 1.	n° 2.	n° 3.
R	20 K.	20 K.	20 K.
E	6 K.	7 K.	9 K.
A	20 pour 100	20 pour 100	15 pour 100
ρ	6	4 à 5	3

Recuit à 475°.

Caractéristiques.	Vitesse de refroidissement n° 1.	n° 2.	n° 3.
R	28 K.	32 K.	40 K.
E	12 K.	18 K.	20 K.
A	16 pour 100	18 pour 100	20 pour 100
ρ	4	4	4

Deux traitements sont ainsi mis en évidence, à savoir :

1° Le traitement donnant au métal le maximum de malléabilité ou *traitement d'adoucissement* correspondant au chauffage à 350° avec vitesse de refroidissement n° 1 de 100° à l'heure;

2° Le traitement donnant au métal les *propriétés* de résistance maximum ou *traitement final* correspondant au chauffage à 475° avec vitesse de refroidissement n° 3 ou trempe à l'eau.

Double trempe à 475°. — La *double trempe* à 475°, effectuée chaque fois dans les conditions indiquées précédemment, donne au duralumin les caractéristiques suivantes :

$$R = 40, \quad E = 23, \quad A = 22 \text{ pour } 100, \quad \rho = 5.$$

ce qui constitue le traitement thermique final *optimum*.

La pratique industrielle du *recuit d'adoucissement* (recuit à 350°, avec vitesse de refroidissement n° 1 ou de 100° à l'heure) qui vient d'être mise en essai sur ces indications a montré que ce traitement *intermédiaire* présentait un intérêt réel pour le travail d'étirage, d'emboutissage, assurant à la fois le minimum de déchets, le maximum de travail et le maximum de conservation de l'outillage.

Ci-dessus un diagramme de propriétés mécaniques correspondant aux divers chauffages suivis de la vitesse de refroidissement n° 3 ou *trempe à l'eau*, mettant en évidence les maximum et minimum pour ce traitement thermique particulier.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Latitudes héliographiques des protubérances solaires* (1880-1918). Note [1] de M. **A. Riccò**, présentée par M. Deslandres.

Les protubérances solaires sont liées aux taches par leur nombre, leur position et l'époque de leur apparition; mais le lien n'est pas extrêmement étroit. En effet, on sait que ces deux phénomènes solaires ont la même période undécennale de fréquence, avec les maxima et les minima à peu près aux mêmes époques; mais les positions occupées par les taches et les protubérances et leur distribution à la surface du Soleil sont différentes.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un résumé des observations

---

[1] Séance du 15 septembre 1919.

spectroscopiques des protubérances faites aux Observatoires de Palerme et de Catane, par moi-même ou sous ma direction, pendant quarante ans, c'est-à-dire pour plus que trois périodes undécennales de l'activité solaire.

Ce résumé présente les latitudes héliographiques moyennes annuelles de ces phénomènes comparées à celles des taches, données par l'Observatoire de Palerme et par l'Observatoire de Greenwich dans les *Monthly Notices* (Mar. 1902-1916 et 1919).

La Table numérique et, mieux encore, la représentation graphique d'après les latitudes ci-dessous présentées, font voir ce qui suit :

1° L'allure générale des latitudes des protubérances est semblable à celle des taches;

2° Mais les latitudes moyennes des protubérances sont toujours plus élevées que celles des taches (de 15° à 30°);

3° Les minima des latitudes des protubérances ont lieu un peu après les maxima de leur fréquence (max.) dans la période undécennale et les maxima des latitudes ont lieu près de l'époque des minima (min.) de la fréquence, en accord avec la loi de Carrington et de Spörer pour les latitudes des taches.

Mais j'ai démontré [1] que la distribution des protubérances en latitude sur la sphère solaire est tout à fait différente de la distribution des taches. En effet, les taches ne sortent presque jamais des zones, dites *royales*, entre ± 35°; au contraire, les protubérances peuvent apparaître à toutes les latitudes, même sur les régions polaires du Soleil. Les taches ont un seul maximum de fréquence en chaque hémisphère, les protubérances en ont généralement deux : l'un est stable et coïncide à peu près avec la zone des taches, sur laquelle apparaissent aussi les protubérances éruptives ou métalliques, qui accompagnent souvent les formations et les transformations des taches; l'autre zone des protubérances change de latitude, en partant d'environ ± 40° à l'époque de moindre fréquence et en remontant jusqu'aux régions polaires, où elle arrive à l'époque des maxima de fréquence; cette zone contient les protubérances quiescentes, hydrogéniques. Dans ce mouvement aussi il y a une certaine analogie avec ce qui arrive pour les taches.

Cette complication de la distribution des protubérances explique pourquoi les irrégularités des courbes des latitudes moyennes des protubérances sont un peu plus fortes que celles des taches.

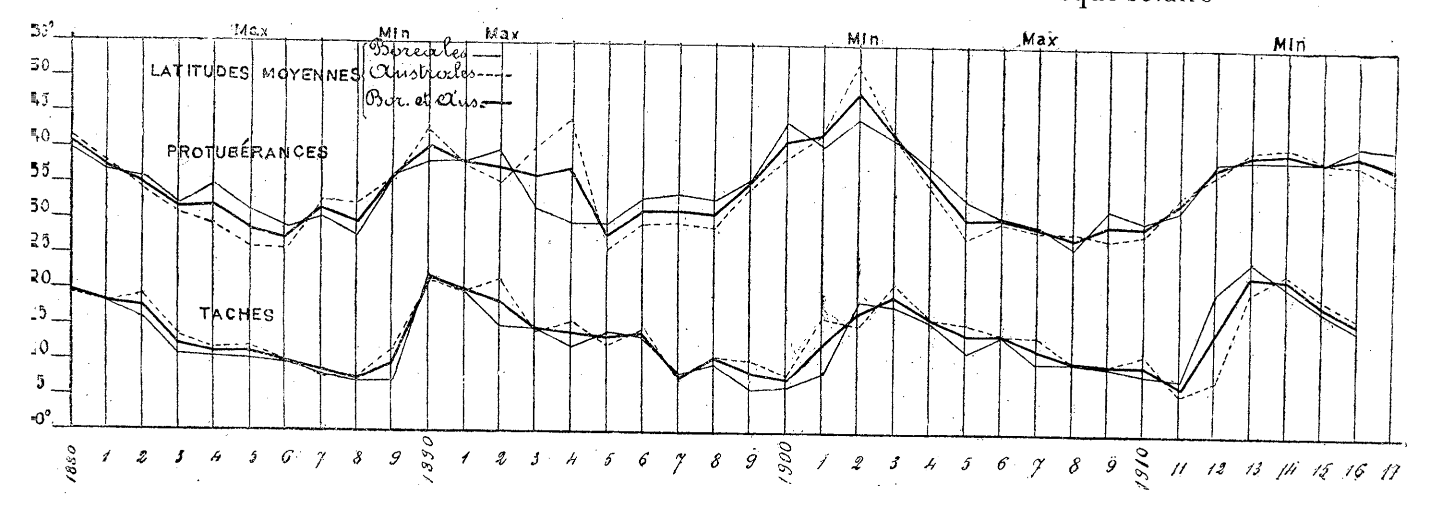
---

[1] *Memorie della Soc. dei Spettr. Ital.*, 2e série, vol. 3, 1914, p. 17.

	Latitudes héliographiques moyennes.						
	Taches (Palerme et Greenwich).			Protubérances (Palerme et Catane).			
	Boréales.	Australes.	$\frac{1}{2}$(B + A).	Boréales.	Australes.	$\frac{1}{2}$(B + A).	Fréquence.
	Palerme.			*Palerme.*			
1880....	20,0	19,5	**19,7**	39,9	41,6	40,7	
1881....	18,2	18,3	18,3	36,7	37,8	37,2	
1882....	16,0	19,3	17,6	35,8	34,2	35,0	
1883....	11,0	13,9	12,5	32,2	30,8	31,5	
1884....	10,7	11,7	11,2	35,0	29,3	32,1	
1885....	10,5	12,4	11,5	31,1	26,2	28,6	max.
1886....	9,9	10,5	10,2	28,8	25,9	**27,3**	
1887....	8,8	8,3	8,6	30,4	32,9	31,7	
1888....	7,1	7,5	**7,3**	27,7	32,3	30,0	
1889....	7,3	11,9	9,6	36,4	35,7	36,1	min.
1890....	22,2	21,7	**22,0**	38,5	42,9	**40,1**	
	Greenwich.			*Catane.*			
1891....	20,5	19,9	20,2	38,5	37,9	38,2	
1892....	15,1	21,7	18,4	39,8	35,5	37,6	max.
1893....	14,9	14,3	14,6	31,9	40,4	36,1	
1894....	12,3	15,6	14,0	29,7	44,3	37,0	
1895....	14,3	12,5	13,4	29,5	26,0	**27,7**	
1896....	13,6	14,8	14,2	33,4	29,5	31,5	
1897....	8,3	7,7	**8,0**	33,9	29,6	31,8	
1898....	9,8	10,8	10,3	33,1	29,0	31,0	
1899....	6,2	10,4	8,3	36,1	34,6	35,3	
1900....	6,6	8,3	7,4	44,2	38,9	41,5	
1901....	8,6	16,3	12,5	40,6	42,6	41,6	
1902....	18,8	15,2	17,0	44,6	52,2	**48,4**	min.
1903....	18,1	21,2	**19,6**	41,5	42,7	42,1	
1904....	16,3	16,9	13,7	37,7	35,2	36,5	
1905....	11,7	15,6	13,6	33,0	27,7	30,3	
1906....	14,0	14,0	14,0	30,9	29,9	30,4	
1907....	10,1	13,8	11,9	29,6	28,6	29,1	max.
1908....	10,4	10,3	10,4	26,4	28,7	**27,5**	
1909....	9,4	9,9	9,6	31,9	27,5	29,7	
1910....	8,6	11,2	9,9	30,3	28,3	29,3	
1911....	7,9	6,0	**7,0**	31,9	33,8	32,8	
1912....	20,5	7,8	14,1	38,7	37,0	37,9	
1913....	24,8	20,1	22,5	39,0	40,4	39,7	
1914....	21,1	23,1	22,1	39,0	41,0	**40,0**	min.
1915....	18,0	19,7	18,8	38,9	38,4	38,7	
1916....	15,1	16,8	16,0	41,3	38,5	39,9	
1917....	»	»	»	41,0	35,6	38,3	
1918....	»	»	»	24,6	36,0	30,3	

Néanmoins on peut voir que, même dans les détails, il y a presque toujours une certaine correspondance entre les deux sortes des courbes.

Et il faut remarquer que l'on a obtenu ces résultats, quoique la méthode d'observation des taches soit bien différente de celle suivie pour les protubérances. En effet, on observe directement les taches sur le disque solaire



pendant la demi-rotation du Soleil; au contraire, on observe les protubérances avec le spectroscope seulement à leurs passages aux bords solaires. Quant aux irrégularités des latitudes moyennes annuelles des protubérances, il faut dire aussi qu'elles disparaissent presque complètement dans les moyennes des périodes undécennales, comme disparaissent de même les inégalités des rapports de la fréquence de ces phénomènes sur les deux hémisphères solaires.

En effet, j'ai obtenu (¹) :

Années.	Latitudes héliographiques boréales.	australes.	½ (B + A).	Fréquence, B : A.
1880 à 1890......	33°,9	33°,6	33°,8	0,89
1891 à 1901......	35,5	35,4	35,4	0,90
1902 à 1912......	34,4	34,6	34,1	0,90

De ces faits, il semble que l'on peut tirer la conclusion que la cause première de la périodicité des phénomènes solaires est la même pour tous et agit régulièrement et de la même manière pour les produire et pour les

(¹) *Memorie ecc., loc. cit.*

déplacer dans le même sens avec une sorte de fluctuation qui se manifeste sur toute la surface solaire; le mouvement principal est celui des taches et des facules ou *flocculi*, plus importants, et des protubérances éruptives ou métalliques dans les zones équatoriales; l'autre est secondaire, comme un remous des facules ou *flocculi*, moins importants, et des protubérances quiescentes ou hydrogéniques qui se propagent des zones de latitude moyenne en remontant jusqu'aux régions polaires du Soleil.

ÉLECTRICITÉ. — *Thermo-électricité du mercure liquide démontrée au moyen du galvanomètre.* — Note (¹) de M. **Carl Benedicks**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

1. Dans une Note antérieure (²) j'ai fait voir que, par un arrangement spécial, des courants thermoélectriques « de première espèce » peuvent être démontrés dans le mercure liquide, soumis à une chute de température asymétrique; le signe de cet effet thermo-électrique est négatif, tandis que le cuivre, par exemple, est positif (³). Au contraire, je n'avais pas réussi à démontrer sûrement cette force électromotrice au moyen du galvanomètre; il était difficile de trouver, pour le vase contenant le mercure, une forme et une substance qui permettent d'obtenir un étranglement effectif.

M. H. Haga (⁴), il y a peu de temps, a eu l'idée de surmonter cette difficulté en se servant de deux jets de mercure intercroisés dont l'un est chauffé. Or, selon M. Haga, les résultats obtenus ne confirment pas l'existence de courants thermo-électriques de première espèce dans le cas du mercure. De plus, M. G. Borelius (⁵) attribue les courants thermo-électriques que j'ai observés à une anomalie hypothétique de la surface même des métaux solides.

Je me suis remis à l'étude de cette question, et je me permettrai de signaler ici les résultats obtenus.

---

(1) Séance du 15 septembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 426.

(3) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 751; t. 165, 1917, p. 391. Exposé détaillé : *Ann. d. Physik*, t. 55, 1918, p. 1-80, 103-150.

(4) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Amsterdam, 29 mars 1919 (selon une communication privée de M. Haga).

(5) *Ann. d. Physik*, 1919.

2. Un galvanomètre pour lequel $1^{mm} = 4,8.10^{-9}$ volt (résistance 12,7 ohms) présente une sensibilité suffisante. La méthode d'étranglement stationnaire, bien préférable pour la sûreté des résultats, est réalisée au moyen d'un vase en une substance facile à façonner et à conduction thermique faible. Ainsi un crayon d'ardoise A.-W. Faber est évidé suivant l'axe de façon à présenter deux trous de 3^{mm}, séparés par une paroi très mince, qui est perforée d'un trou très fin ($0^{mm},3$); à la périphérie, exactement au milieu, une incision très aiguë est pratiquée au tour. Ce canal étranglé communique avec le galvanomètre par de longs tubes de verre.

On a obtenu des déviations régulières de 13^{mm} pour une différence de température $\Delta t = 150°$ C., en renversant Δt par le déplacement d'un microbec à gaz qui chauffe l'un ou l'autre côté de l'étranglement. Des déviations nettes quoique petites (2^{mm} pour $\Delta t = 182°$) ont été obtenues au moyen d'un appareil entièrement en verre.

La plus grande difficulté éprouvée fut d'obtenir des Δt notables tout en conservant la continuité de la colonne de mercure. Cette difficulté fut surmontée en fabriquant le vase étranglé en asbeste : les gaz, qui souvent se dégagent à l'endroit chauffé, peuvent sortir par les parois perméables, sans rompre la colonne de mercure.

3. On a constaté, dans tous les cas, que l'effet est, pour le mercure, de signe contraire à celui du cuivre; il a, par conséquent, la direction théoriquement prévue.

L'effet Seebeck entre le mercure sous pression et le mercure sans pression, ainsi que celui qui pourrait se faire sentir aux électrodes, ne peut pas intervenir, tous les deux étant de signe contraire à l'effet constaté. La substance du vase a été trouvée sans influence appréciable sur le résultat.

4. Un point remarquable est que l'intensité u des forces thermo-électriques de première espèce du mercure augmente bien plus rapidement que les chutes de température. En effet, avec trois appareils différents, on a trouvé, entre u et la différence double de température $2\Delta t$, la relation

$$u = 8.k.(\Delta t)^3,$$

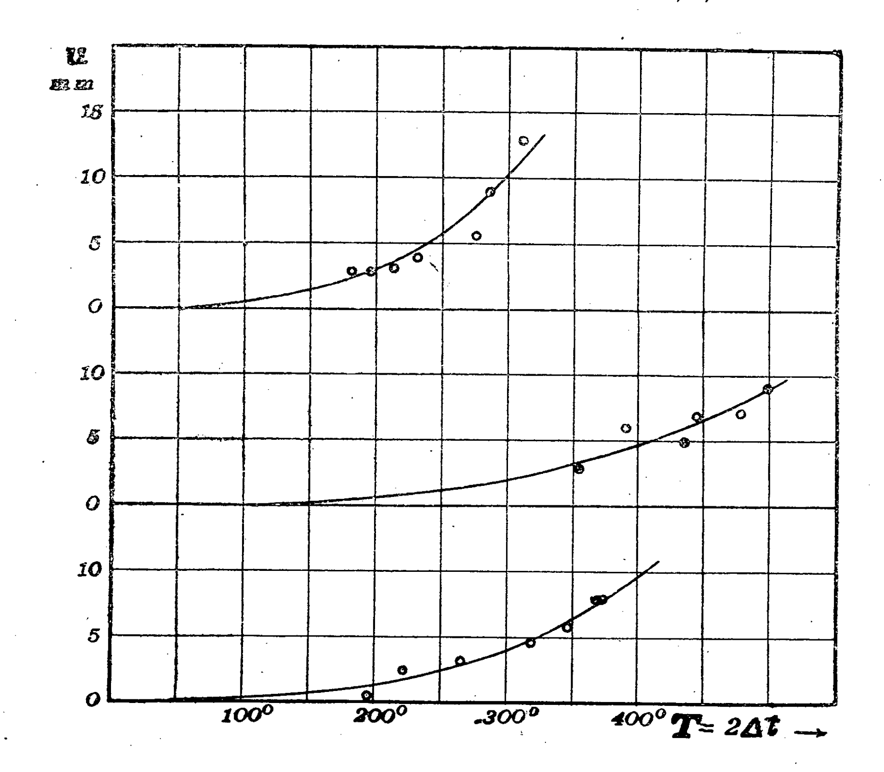
k étant, pour un métal donné, une constante caractéristique du vase à étranglement employé. Les résultats des observations sont reproduits sur la figure; les courbes sont calculées selon la formule. En évaluant u en

microvolts et Δt en degrés centigrades, on a obtenu des valeurs

$$k = 0,3.10^{-9} - 1,9.10^{-9}$$

($k = 10^{-9}$ et $\Delta t = 300°$ donnent par exemple $u = 0,2$ microvolt $= 40^{mm}$).

La formule cubique trouvée fait voir que, si une différence de température donnée existe entre deux points dont la distance est $0^{mm},1$, la force thermo-



électrique de première espèce sera 1000 fois plus grande que si cette distance est 1^{mm}. Cela fait comprendre pourquoi c'est seulement en présence d'une chute de température excessivement brusque que les forces thermo-électriques en question ont une intensité suffisante pour les rendre faciles à constater.

5. Les résultats négatifs des anciens observateurs (Emmet, Matteucci, Henrici, Magnus, Gaugain, Braun) se comprennent facilement. Quant aux essais de M. Haga, il faut remarquer que, avec des jets aussi fins que ceux employés par ce savant ($0^{mm},1$), la surface de contact sera toujours relativement considérable et l'étranglement, par conséquent, peu effectif; comme

d'ailleurs la sensibilité du galvanomètre n'était que $\frac{1}{5}$ de celle employée ici, l'effet a dû être difficile à observer, d'autant plus que l'effet de pression était considérable. Néanmoins, le surplus de déviation ($1^{mm},5$) qu'a obtenu M. Haga, lorsque le contact était aussi petit que possible, correspond aussi bien en grandeur qu'en direction à ce qui a été établi dans le présent travail : le résultat de M. Haga ne fait qu'en donner une confirmation.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur les lueurs produites par le tir de l'artillerie. Procédé général d'extinction de ces lueurs.* Note de M. **Delpech**, présentée par M. H. de Chardonnet.

Les vives lueurs produites par les coups de canon empêchent parfois l'artillerie de poursuivre efficacement son action. Sur terre, pendant la nuit, ces lueurs permettent à l'adversaire de repérer rapidement l'emplacement des batteries ; sur mer, ces lueurs éblouissent les pointeurs.

L'énorme globe de flammes incandescentes qui se forme à la bouche des canons au moment du tir provient de la combustion violente et instantanée des masses d'oxyde de carbone et de méthane qui s'enflamment spontanément au contact de l'air en formant avec l'oxygène un véritable mélange détonant; cette explosion secondaire produit l'éclair lumineux, c'est elle qui contribue à rendre si puissant le « souffle » des grosses pièces d'artillerie.

Cette théorie explicative du mode de formation des lueurs découle clairement des observations suivantes :

En suivant, la nuit, le tir d'une pièce de 75^{mm} de campagne, on observe que les éclairs lumineux se produisent à tous les coups lorsque la pièce est chargée avec des poudres à haute température de combustion genre balistites; lorsque la même pièce est chargée en poudre B, dont la température de combustion est moins haute, les lueurs se trouvent atténuées. En tirant dans un canon de 75 de marine, dont la longueur d'âme est beaucoup plus grande (40 fois le calibre), on observe que les gaz des mêmes charges de poudre B ne s'enflamment plus au contact de l'air; ils se trouvent suffisamment refroidis par la détente pour ne plus pouvoir s'enflammer spontanément à l'air.

Dans le cas des armes de petit calibre on observe que la cartouche réglementaire de 8^{mm} produit ou ne produit pas de lueurs suivant que l'arme est à canon court ou à canon long. Le mousqueton et les mitrailleuses, dont les canons sont courts, produisent les lueurs à tous coups; le tir du fusil, dont le canon est plus long, ne produit pas de lueurs, mais on peut les provoquer en surélevant les températures des gaz, en ajoutant à la poudre une petite quantité de perchlorate d'ammoniaque ou d'aluminium porphyrisé.

La haute température des gaz provenant de la charge de poudre apparaît

donc comme étant la cause déterminante de la formation de la lueur, c'est-à-dire de l'autoinflammation des gaz au contact de l'air; on est donc conduit à supposer qu'en refroidissant suffisamment les gaz de la poudre on doit arriver à empêcher la formation de la lueur. L'expérience a confirmé la théorie.

Action des appoints antithermiques agissant physiquement. — Une action antithermique peut être exercée en ajoutant aux charges de poudre des appoints de sels contenant de l'eau de cristallisation ou bien des appoints de sels pouvant absorber la chaleur en se décomposant dans le canon; cette action antithermique peut être exercée plus énergiquement en employant l'eau à l'état liquide sous forme d'appoints (¹).

L'action des appoints d'eau aux charges de poudre a été examinée au double point de vue antilueur et antiérosif.

Comme antilueur, l'appoint d'eau n'agit efficacement que lorsque la flamme est facile à éteindre, dans le cas du canon de 75^{mm}, par exemple; encore faut-il employer une dose d'eau élevée : 150^{cm^3}.

L'action antiérosive de l'eau a été exactement mesurée par des tirs comparatifs dans deux canons de 90^{mm} : cette action est faible; les appoints d'eau agissent de façon incomplète, l'eau est entraînée dès le début de la déflagration et ne refroidit que la tête de la colonne des gaz qui pousse le projectile (²).

Action des appoints antithermiques agissant chimiquement. — Le carbone et le soufre, en réduisant le gaz carbonique provenant de la décomposition de la poudre, peuvent absorber de la chaleur :

$$CO^2 + C = 2\,CO - 68 \text{ cal.}$$
$$2\,CO^2 + S = 2\,CO + SO^2 - 119 \text{ cal.}$$

En fait, le carbone ne réagit dans le canon qu'à condition de pouvoir, en quelques millièmes de seconde, entrer molécule par molécule en contact avec les gaz de la poudre; à l'état solide combiné ou non : dans la naphtaline, le graphite, le charbon végétal, les résines, le carbone agit mal; même réduit en poudre très fine, ces corps restent toujours sous forme de grains et seules les molécules de la surface de ces grains entrent en contact

(¹) Les appoints liquides sont ajoutés dans un sac caoutchouté étanche.

(²) L'action antiérosive a été mesurée au cours de tirs faits par la Commission d'Expériences de Bourges.

avec les gaz. Lorsque la matière carbonée est pâteuse ou liquide, comme dans la vaseline, les graisses, le pétrole, l'essence de térébenthine, l'entrée en contact intime peut s'établir plus aisément et avec elle l'action antithermique. C'est pour ces mêmes raisons que le soufre, même ajouté sous forme d'appoints de soufre en fleur aux charges, n'agit pas; il faudrait pouvoir introduire cet élément dans le corps même de la poudre.

Application : *Canons de* 75^{mm} *et de* 90^{mm}. — Les lueurs produites par le tir de ces canons peuvent être aisément éteintes par un appoint de 20^{g} de vaseline aux charges de poudre.

Pour ces pièces, le graissage abondant du projectile peut même suffire pour assurer l'extinction des lueurs, les vitesses et pressions ne sont pas modifiées par ces appoints.

Canon de 37^{mm} *mitrailleuse-mousqueton.* — Le simple graissage du projectile permet d'assurer l'extinction de la lueur, la petite quantité de graisse qui enduit à chaque coup l'âme de ces pièces suffit pour réagir sur les gaz de façon à empêcher leur autoinflammation à l'air.

Canons de gros calibre 155^{mm}. — L'extinction de la lueur est beaucoup plus difficile à réaliser dans le cas des gros canons; il s'agit de faire réagir les appoints carbonés sur d'énormes masses de gaz; pour assurer le contact il est nécessaire de répartir ces appoints sur toute la charge en graissant, par exemple, la surface entière des gargousses avec une quantité de graisse ou de vaseline correspondant aux 10 pour 100 du poids de la charge de poudre.

GÉOLOGIE. — *Quelques observations nouvelles sur les débris de nappe (klippes) de la plaine d'Alais (Gard).* Note de M. **Paul Thiéry**, présentée par M. Pierre Termier.

La révision des contours géologiques de la feuille *Alais* de la Carte géologique de la France à l'échelle de $\frac{1}{80000}$ m'a donné l'occasion de faire, sur les *débris de nappe*, ou *klippes*, de la plaine d'Alais, récemment décrits [1]

(1) P. Termier et G. Friedel, *Les débris de nappe, ou klippes, de la plaine d'Alais; lambeaux de calcaire urgonien mylonitique posés sur l'Oligocène* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1034).

par MM. Pierre Termier et Georges Friedel, un certain nombre d'observations intéressantes. Ces observations complètent celles de mes devanciers et corroborent d'une façon qui me semble définitive, l'explication que Marcel Bertrand a proposée, il y a près de vingt ans, et qu'ils ont eux-mêmes développée, précisée et soutenue, pour rendre compte de l'origine de ces étranges débris.

La *klippe* de la Liquière, décrite en détail dans la Note de MM. Termier et Friedel, est très loin d'être la plus volumineuse des *klippes* de la plaine d'Alais. Elle est bien dépassée, quant aux dimensions, par celle dont je vais parler. De plus, tandis que la *klippe* de la Liquière ne montre, dans la mylonite dont elle est formée, que du calcaire urgonien, le vaste *débris de nappe* que j'ai découvert se compose de deux terrains posés l'un sur l'autre : en haut, Urgonien généralement mylonitique; en bas, Hauterivien fossilifère, parfois intact sur de vastes étendues, le plus souvent mylonitique. Le tout, comme à la Liquière, repose sur le Tongrien, avec interposition d'une zone de mélange où les fragments de l'Eocrétacé sont enrobés dans les argiles et les sables oligocènes.

Le *débris* en question est situé dans la vallée de l'Avène, à 3^{km} environ à l'est de la ville d'Alais. Bien qu'il soit coupé par deux grandes voies de communication, la route d'Uzès au Sud, la ligne de chemin de fer de l'Ardoise au Nord, il n'a pas été vu, dans son ensemble, par les auteurs de la feuille *Alais* : au lieu d'être représenté sur cette feuille tel qu'il est, il y est dessiné sous la forme de petits lambeaux séparés d'Urgonien, sans aucune indication d'Hauterivien. En réalité, on peut, en suivant la rive droite de l'Avène, marcher sur l'Urgonien plus ou moins mylonitique depuis les environs du Clos, au sud de la route d'Uzès, jusqu'au delà du point 141 (route d'Orange), sur une longueur totale de $3^{km}250$, sans autre interruption que la traversée de quelques lambeaux d'alluvions récentes; la même mylonite urgonienne forme les monticules boisés qui dominent la rive gauche de l'Avène au sud-est de la Bedasse; près de la rivière, sur les deux rives, et, à la Bedasse, dans le lit même de l'Avène, on la voit reposer sur l'Hauterivien, ou sur la mylonite hauterivienne. Cet Hauterivien contient en abondance, et un peu partout, *Ostrea Couloni* et *Toxaster retusus*; il est traversé par la route d'Uzès sur une longueur d'environ $1^{km}500$. Au total, le *débris*, formé de calcaire urgonien, plus ou moins brisé, reposant sur du calcaire hauterivien, plus ou moins brisé, a $3^{km}700$ de longueur du Sud au Nord et $1^{km}800$ de largeur maxima de l'Ouest à l'Est. On conviendra qu'il serait absurde de le considérer comme un bloc du conglomérat aquitanien.

Les caractères de la mylonite sont ceux qu'ont donnés MM. Termier et Friedel. Dans la mylonite urgonienne, il n'y a que de l'Urgonien brisé; il n'y a que de l'Hauterivien brisé dans la mylonite hauterivienne. On observe cependant, à la Bedasse, dans le lit de l'Avène, une mylonite mixte, où il y a des fragments de calcaire urgonien et d'autres de calcaire hauterivien. Nulle part, dans ces mylonites, il n'y a ni galet vraiment roulé, ni fragment provenant d'autres formations géologiques. Ce sont bien des mylonites, et non pas des brèches d'origine sédimentaire.

D'ailleurs, elles reposent sur le Tertiaire. La tranchée du chemin de fer de l'Ardoise, au nord-est de la Bedasse, est, à cet égard, tout à fait démonstrative.

On y voit, quand on va de l'Ouest à l'Est : d'abord la mylonite urgonienne de couleur très claire, chaos de blocs de toutes forme et dimension, enrobés dans un sable calcaire qui résulte lui-même de l'écrasement de la même roche urgonienne; puis, séparée de la mylonite urgonienne par une surface assez nette, plongeant d'une dizaine de degrés vers l'Ouest, la mylonite hauterivienne, de couleur plus grise, épaisse de quelques mètres; puis une zone de mélange, avec grands blocs d'Urgonien et d'Hauterivien, et débris des deux mylonites, reliés par des argiles et des sables évidemment identiques à ceux du substratum (cette zone de mélange a, dans la tranchée, de 1^m à 5^m d'épaisseur; elle plonge comme les mylonites); enfin, s'enfonçant sous la zone de mélange, qui le ravine, l'Oligocène (Tongrien) inaltéré, plongeant faiblement vers l'Ouest, formé, comme à la Liquière, de lits de sable jaune, de lits d'argile rougeâtre et de bancs de conglomérats à petits galets polygéniques.

Aucune autre explication de ces faits ne peut être imaginée que celle de MM. Termier et Friedel : *les klippes de la plaine d'Alais sont des débris posés sur le Tertiaire, d'une nappe d'Éocrétacé réduite presque entièrement à l'état de mylonite*. J'appelle l'attention des géologues sur ce fait que, dans la translation d'une pareille nappe et malgré l'écrasement presque général que cette nappe a subi, les deux étages sédimentaires, Urgonien et Hauterivien, sont demeurés distincts et ont gardé leur ordre de superposition.

BIOLOGIE. — *Le comportement de* Convoluta roscoffensis *en présence du rythme des marées.* Note ([1]) de Mlle **M. Goldsmith**, présentée par M. Yves Delage.

La *Convoluta roscoffensis*, Turbellarié acœle des côtes de la Manche, a depuis longtemps attiré l'attention des travailleurs par son comportement en présence des marées. Geddes (1879) a montré le premier que les *Convoluta* présentent des oscillations périodiques, montant à la surface du sable à marée basse et s'enfonçant à marée haute; il a attribué le premier mouvement au phototropisme, le second à l'action de la pesanteur. Graff (1882 et 1891) est arrivé à la même conclusion. Haberlandt (1891) a attribué l'ascension au géotropisme négatif et l'enfoncement à l'inhibition de ce géotropisme par les secousses qu'impriment au sol les vagues montantes (on sait que les *Convoluta* sont très sensibles aux secousses, qui les font s'enfoncer rapidement dans le sable). Gamble et Keeble (1903) ont proposé une explication plus complexe. Ils ont assigné le premier rôle au géotropisme, qui changerait de signe suivant les conditions : négatif à la lumière et au repos, il deviendrait positif aussitôt que l'animal est soumis à l'agitation. La lumière interviendrait par une action tonique : prolongée au delà d'un certain optimum, elle plongerait l'animal dans une torpeur qui annihilerait son géotropisme négatif. Le choc des vagues agirait dans le même sens. Bohn (1903) a émis l'hypothèse qu'en s'enfonçant, les *Convoluta* évitaient le choc des vagues, tandis qu'en émergeant elles évitaient la dessiccation. Fühner (1906) a attribué aux *Convoluta* à l'état normal un phototropisme positif et un géotropisme négatif qui contribueraient tous les deux au mouvement d'émersion; le choc changerait le signe du phototropisme et causerait l'enfoncement. Martin (1909) a invoqué encore une fois le phototropisme comme cause du mouvement ascensionnel et un facteur psychique (la crainte du choc des vagues) comme cause du mouvement contraire.

Pour soumettre à une vérification plus précise le jeu des facteurs invoqués, j'ai fait un certain nombre d'observations sur le comportement des *Convoluta* sur place, dans les conditions de la nature, et diverses expériences sur l'action des facteurs ambiants, en particulier la lumière.

([1]) Séance du 15 septembre 1919.

La lumière paraît nécessaire aux *Convoluta* en raison de leur symbiose avec l'algue. Elle les attire énergiquement, et cela d'autant plus qu'elle est plus vive; un certain minimum d'éclairement (supérieur à celui strictement nécessaire pour observer les mouvements de l'animal) est nécessaire; l'optimum ne paraît pas différer du maximum. L'exposition préalable à l'obscurité rend la réaction plus nette et plus rapide. Le mouvement ne se fait pas suivant la direction des rayons : sur tous les points de la paroi d'un bocal présentant une étroite bande fortement illuminée par les rayons obliques du soleil couchant, tandis que le reste est éclairé par la lumière diffuse, la distribution des *Convoluta* reste uniforme. D'autre part, l'orientation ne se fait pas d'emblée et en ligne droite, mais en zig-zags et à la suite de mouvements très variés. Il ne s'agit donc pas là d'un véritable tropisme au sens de Loeb.

Les divers facteurs perturbateurs provoquent de la part des *Convoluta* une réaction toujours la même : une descente qui, dans les conditions naturelles, amène l'animal à s'enfoncer dans le sable. Parmi ces facteurs, le choc, les secousses peuvent être le plus facilement observés, mais il en est de même d'un certain nombre d'autres : dans les conditions du laboratoire, une élévation de température (25° ou 30° au lieu de 20°), un long séjour dans une eau non renouvelée, un sable rendu malsain par les matières organiques en décomposition, etc., diminuent toujours dans les bocaux le nombre d'animaux montés à la surface de l'eau ou aux parois. Un obscurcissement brusque les fait descendre, et il en est de même pour un éclairement brusque : lorsqu'on expose à la lumière des *Convoluta* ayant séjourné pendant assez longtemps à l'obscurité, elles esquissent d'abord un léger mouvement de descente, à la suite duquel l'ascension commence, nette et rapide. Il semble donc que le mouvement d'enfoncement soit une réaction générale et non spécifique à toute influence nocive. Dès lors, l'action des divers facteurs dans les mouvements rythmiques de ces animaux semble pouvoir se résumer ainsi :

L'*ascension* est due à l'attraction exercée par la lumière, attraction qui s'est élaborée au cours de l'évolution comme favorisant l'assimilation de l'algue et assurant ainsi à l'animal un métabolisme plus intense. L'*enfoncement* est dû non à des influences des tropismes les uns sur les autres, mais à l'intervention d'une influence défavorable *quelconque;* l'animal se comporte alors comme tous les êtres, qui, sous une telle influence, se réfugient dans leur abri naturel. Parmi ces influences nocives, certaines sont irrégu-

lières, d'autres périodiques; dans les conditions naturelles, une influence nocive périodique est surtout la dessiccation du sable. Ces observations suggèrent, sur le véritable caractère du rythme observé, des conclusions qui diffèrent de la manière de voir classique.

A l'île de Batz, en face de Roscoff, sur une plage de sable située sur la face sud de l'île, abritée contre les vagues du large, les *Convoluta* forment, dans les flaques d'eau que la mer laisse en se retirant, de vastes taches vertes. Lorsqu'on les observe pendant toute la durée de la marée basse, on constate qu'elles ont leur maximum d'étendue dans les premières heures et se réduisent ensuite de plus en plus : les couches supérieures du sable se desséchant, les *Convoluta* s'enfoncent sur place. Certaines mares disparaissent de vue vers la fin de la basse mer; mais lorsque la mer montante vient humecter le sable par dessous, les *Convoluta* reparaissent dans les creux, et cela en nombre de plus en plus grand. Au moment où la mer vient les recouvrir, elles sont toutes étalées, et il continue à en être ainsi aussi loin que l'œil peut les suivre dans l'eau. De même, lorsque la mer se retire, on commence à voir les taches vertes des *Convoluta* dans l'eau dès qu'elles ne sont plus qu'à la profondeur d'un mètre environ, et il est permis de supposer qu'elles sont ainsi restées au dehors pendant tout le temps de la marée haute.

Ces faits permettent de résumer les mouvements des *Convoluta* de la façon suivante. Elles restent étalées à la surface aussi longtemps qu'une couche d'eau suffisante les recouvre, c'est-à-dire toujours, sauf une période de temps qui se place vers la fin de la marée basse. Cette période se confondant pratiquement avec celle où la mer approche, on comprend qu'on ait été amené à expliquer les mouvements des *Convoluta* par l'action d'un facteur à venir, tandis qu'ils résultent en réalité d'une cause actuelle.

CYTOLOGIE. — *Dédifférenciation physiologique et rajeunissement cellulaire dans l'épithélium intestinal.* Note (¹) de M. F. **Ladreyt**, transmise par M. Edmond Perrier.

L'intégrité morphologique et fonctionnelle de l'épithélium intestinal n'est pas réalisée par une évolution unique, toujours et partout invariable, mais par un ensemble de processus très complexes, très polymorphes, tantôt

(¹) Séance du 22 septembre 1919.

spécifistes (auto-rénovation), tantôt indifférentistes (hétéro-rénovation, dédifférenciation et rajeunissement cellulaires).

I. Je désigne sous le nom de dédifférenciation physiologique un ensemble de phénomènes d'où résulte la transformation fonctionnelle d'un élément; nous dirons qu'une cellule se dédifférencie lorsque, par des retours plus ou moins fréquents vers un état physiologique antérieur, elle présente, au cours de son évolution, une véritable alternance de fonction. Les formations muqueuses de l'épithélium intestinal nous fournissent un exemple typique de cette physiologie en quelque sorte interchangeable, car l'étude de leur évolution nous permet d'observer les étapes parcourues : 1° par une cellule à bordure en brosse avant d'atteindre sa transformation muqueuse; 2° par un élément caliciforme avant de se métamorphoser en cellule à plateau; de cette double dédifférenciation résulte l'alternance fonctionnelle des formations muco-épithéliales de l'intestin.

Deux ordres de phénomènes paraissent déterminés par la différenciation et l'accumulation progressive du mucus dans la cellule à plateau : d'une part, le noyau comprimé par le produit élaboré s'enfonce peu à peu dans le pied de cet élément; d'autre part, sous l'influence de la pression provoquée par l'accumulation muqueuse, la bordure en brosse subit une série de modifications qui se traduisent par l'atrophie des bulbes et des cils et la chute de ces éléments dans la lumière intestinale, chute vraisemblablement provoquée par la rupture des pièces intermédiaires. A ce stade de son évolution, la morphologie de notre élément primitivement cilié répond très exactement à celle de la cellule caliciforme classique. Quand cet élément a excrété le produit élaboré, la membrane cellulaire, qui s'était rompue pour livrer passage au mucus, se reforme à la surface de l'élément, tandis que le noyau, sous l'influence d'une sorte d'antéropulsion provoquée par le cytoplasme basal *indifférencié*, *non transformé*, devient plus ou moins médian. C'est à ce moment que se produit, dans *certaines* formations caliciformes, une nouvelle dédifférenciation qui transforme la cellule muqueuse en cellule à plateau.

Cette transformation paraît débuter par de multiples divisions du diplosome; chacun des éléments néoformés se disposant sur une ligne perpendiculaire à la membrane cellulaire (extrémité apicale), il se développe une double rangée de granulations sidérophiles dont les supérieures forment les bulbes, les inférieures les corpuscules basaux, tandis que les

filaments perpendiculaires qui réunissent les granulations constituent les pièces intermédiaires; quant aux cils, ils sont formés, vraisemblablement, par une très fine expansion émanée du bulbe : une nouvelle bordure en brosse s'est donc totalement reconstituée aux dépens du diplosome, et ce phénomène, dont les phases sont plus ou moins synchroniques avec les remaniements du cytoplasme et du noyau, donne naissance à une cellule ciliée.

II. Certains épithéliums digestifs présentent ce fait paradoxal que les phénomènes de dégénérescence l'emportent de beaucoup sur les faits de régénération; la question s'est donc posée de savoir comment ces tissus, dont les éléments paraissent ne se rénover que très rarement, réparent les brèches résultant de leur activité physiologique. Certains histologistes ont considéré les cellules épithéliales binucléées comme de véritables éléments rénovateurs dont l'amitose serait la forme habituelle de division. Cette conception me paraît d'autant moins admissible que l'appareil binucléaire des cellules intestinales est, le plus souvent, constitué par un noyau épithélial et le noyau d'un leucocyte dont les éléments se sont greffés dans le cytoplasme épithélial; ces faits sont à rapprocher de ceux que Guieysse-Pellissier a étudiés sous le nom de *Caryoanabiose* et de *greffe nucléaire*. Voici en quoi consiste ce phénomène : un leucocyte pénètre dans une cellule plus ou moins sénescente (sommet des villosités, par exemple); le cytoplasme de l'élément migrateur s'assimile (*ad similare*) à celui de la cellule épithéliale, tandis que son noyau remplace le noyau épithélial dégénéré qui disparaît par fonte progressive dans le cytoplasme ambiant. Ce double apport, cytoplasmique et nucléaire, paraît déterminer, dans la cellule intestinale, une sorte d'excitation qui se traduit par le rajeunissement de l'élément tout entier. Deux faits principaux m'ont amené à considérer le rajeunissement cellulaire comme la résultante de la greffe leucocytaire : 1° l'amibocyte pénètre dans une cellule plus ou moins anormale; à ce stade, sa chromatine est contractée et tout l'élément est isolé dans une vacuole réactionnelle; 2° dans les cellules où le noyau épithélial est tout à fait dégénéré, les caractères de sénescence du cytoplasme ont disparu, tandis que le cytoplasme et le noyau leucocytaires présentent la même morphologie que les constituants de la cellule épithéliale.

Conclusions. — A. Les cellules à plateau et les éléments muqueux de

l'intestin sont génétiquement dépendants et présentent une alternance de fonction consécutive à leur dédifférenciation physiologique; B. Dans les régions épithéliales où le surmenage physiologique paraît neutraliser les facultés mitosiques des noyaux (sommet des villosites), l'intégrité morphologique et fonctionnelle des cellules intestinales est assurée par la greffe leucocytaire qui a pour résultante le rajeunissement de l'élément épithélial.

M. **A.-L. Herrera** adresse une Note intitulée : *Sur l'imitation des centrosomes, vacuoles et autres structures cellulaires avec le fluorosilicate de calcium.*

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 18 août 1919.)

Note de M. *Adrien Guébhard*, A propos de la prismation des coulées basaltiques :

Page 389, ligne 4, *au lieu de* pour le premier, *lire* pour le fer.

(Séance du 1er septembre 1919.)

Note de M. *A. Lacroix,* La constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du Tibesti :

Page 401, ligne 4 en remontant [note (2)], *au lieu de* cartes empreintes, *lire* contre-empreintes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 OCTOBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* Note (¹) de M. H. **Deslandres**.

Cette Note est la suite de celles publiées sous le même titre dans les *Comptes rendus* de cette année, en mai et juin.

I. On a vu que la distribution des raies et bandes dans un spectre de bandes résolubles est réglée par la formule suivante (6), qui est la somme algébrique de trois progressions arithmétiques fondamentales

$$(6) \qquad \nu = \pm\left[\frac{F(np)}{2}\times m^2 + f_1(np)\times m\right] + \left[\frac{B}{2}\times n^2 + b_1 n\right] - \left[\frac{C}{2}\times p^2 + c_1 p\right] \pm K.$$

ν étant la fréquence de la vibration; m, n, p étant les nombres entiers successifs, positifs et négatifs; F et f_1 étant des fonctions simples; B, C, b_1, c_1 étant des constantes. Les variations des paramètres n et p donnent les arêtes des diverses bandes, ou tout au moins leur milieu, lorsque la bande n'a pas d'arête nette; les variations de m donnent les raies qui composent la bande, c'est-à-dire la bande elle-même.

D'ailleurs le spectre de bandes est représenté non par une seule formule, mais par plusieurs formules (6) distinctes et souvent très voisines; car chaque bande comprend en général plusieurs séries de raies enchevêtrées qui sont en progression arithmétique. Les bandes de même origine ont le même nombre de séries disposées de la même manière; et la distribution de ces séries, qui a ses lois, sera l'objet d'une Note spéciale.

(¹) Séance du 29 septembre 1919.

Les bandes des divers corps, résolues en raies fines, ont d'ailleurs des différences notables et Konen [1] les a divisées en trois classes. Les bandes des deux premières classes sont dégradées d'un seul côté, avec une arête nette de l'autre côté, les raies arêtes étant distribuées suivant la loi arithmétique. Dans la première classe, toutes les raies de la bande sont réparties en séries arithmétiques, et les formules (6) correspondantes sont très voisines. Dans la deuxième classe, l'arête est nette et visible seulement avec une faible dispersion; une petite partie des raies est en série arithmétique; une autre partie a ses raies équidistantes, et les raies restantes sont distribuées sans ordre apparent, les bandes du même spectre étant d'ailleurs toutes semblables. Les formules (6) qui les représentent sont alors assez différentes, au moins par le premier terme. Sur les 17 spectres de bandes à trois paramètres énumérés dans la Note de juin dernier, 14 au moins appartiennent à la première classe, et deux au moins, le premier groupe de l'azote (d'après Croze et Birge) et le spectre de l'iode (Hasselberg), sont à ranger dans la deuxième classe. Enfin la troisième classe de Konen comprend les bandes sans arête, dégradées dans les deux sens.

Je propose de comprendre aussi dans les trois classes les bandes non résolubles en raies fines, qui, la plupart, sont dégradées dans les deux sens. La position de la bande est exprimée par la fréquence de son milieu ou de sa partie la plus intense, et le spectre entier peut encore être représenté par une formule (6) privée, il est vrai, des termes en m.

Dans l'ensemble, les raies et bandes à intervalles constants, les raies et bandes à intervalles en série arithmétique, sont également fréquentes et plus ou moins mélangées.

II. Tous les spectres de bandes d'émission ou d'absorption, résolus ou non en raies fines, peuvent donc être rattachés à la formule générale (6). Lorsque les raies ou les bandes sont équidistantes, la formule est plus simple et ne comprend pas les termes en m^2, n^2 ou p^2; les spectres d'absorption du toluène et de l'acide sulfureux ont été cités comme exemples.

Or, dans une Note récente [2], Baly et Garrett ont représenté le premier groupe ultraviolet de l'acide sulfureux par la formule

$$\nu = 2,73 \times m + 223,225 \times n + 33751,6.$$

Les bandes sont dégradées dans les deux sens et formées de raies équi-

---

(1) Dans son livre *Das Leuchten der Gase and Dämpfe* qui expose fort bien les résultats acquis en 1913 sur les spectres de lignes et de bandes.

(2) *Philosophical Magazine*, vol. 31, 1916, p. 505.

distantes. Mais on peut aller plus loin, et, d'après les données des mêmes auteurs, réunir dans une formule unique ce groupe ultraviolet et les six larges bandes d'absorption du même corps, relevées par Coblentz dans l'infra-rouge. On ajoute un terme en p qui donne le milieu des sept groupes ou bandes, et l'on a

$$(7) \qquad \nu = 2,73 \times m + 223,25 \times n + 192,866 \times p,$$

m variant de -44 à $+37$, n de -7 à $+13$, et p ayant les valeurs 5, 6, 7, 9, 13, 16 et 175.

Il faut noter seulement que les six bandes infra-rouges ne sont pas encore résolues en raies fines, à cause de l'insuffisance de nos moyens d'investigation dans la partie calorifique. De toute façon, ces bandes infra-rouges (de $p = 5$ à $p = 16$) et le groupe ultra-violet ($p = 175$), considérées dans leur ensemble et exprimées en fréquences, se suivent comme les nombres entiers successifs, et donc comme les harmoniques successifs d'une verge qui vibre dans le sens longitudinal.

La même propriété se retrouve dans les nombreux spectres d'absorption, de fluorescence et de phosphorescence des composés organiques, étudiés actuellement de tous côtés. Les premiers résultats, dus à Abney, Hartley, Julius, Baly, Coblentz, Hantzsch, Victor Henry, etc., sont de première importance. Les atomes et groupes d'atomes, appelés autrefois *radicaux* (tels que CH^2, CO, OH), qui forment la molécule organique complexe, y conservent une sorte d'individualité et imposent dans le spectre du composé leurs vibrations et bandes particulières, qui, une fois connues, servent à les déceler. De plus les fréquences ν de ces bandes sont souvent les multiples de la fréquence b_1 d'une même bande infra-rouge; ce qui conduit à la formule $\nu = b_1 n$, n étant un nombre entier.

Les auteurs précédents expliquent cette distribution très simple des vibrations par des considérations ingénieuses appuyées sur la théorie des quanta. En ce qui me concerne, je n'abandonne pas ma conception première de ces phénomènes, exposée en 1886 et 1887 [1], et je m'attache surtout aux analogies manifestes de ces spectres de bandes avec le mouvement vibratoire le plus général d'un corps sonore; ce qui conduit à un mécanisme intime de la molécule plus facile à comprendre et à une explication générale plus simple.

Les spectres d'absorption, de fluorescence et phosphorescence, dont les bandes se succèdent souvent à intervalles constants, sont assimilables aux

---

(1) *Comptes rendus*, t. 53, 1886, p. 375, et t. 54, 1887, p. 972.

vibrations longitudinales des verges. D'autre part, les spectres d'émission ont été rapprochés déjà (1886 et 1887) des vibrations transversales de ces mêmes verges; ils sont, en effet, sous la dépendance étroite des carrés des nombres entiers, étant formés de vibrations du type $\nu = \pm \frac{B}{2} n^2 + K$, B et K étant des constantes.

La formule générale (6), qui comprend trois termes du premier degré en m, n, p, et trois termes du second degré en m^2, n^2, p^2, est, dans cet ordre d'idées, la somme algébrique de trois vibrations longitudinales et de trois vibrations transversales, qui sont réunies comme les composantes d'un son résultant. Elle correspond au mouvement le plus général d'un corps solide suivant les trois dimensions de l'espace, et il faut rappeler qu'elle est due non à des conceptions théoriques, mais à l'observation continue des faits.

Pour la vérification de ces idées, pour les comparaisons avec les bandes infra-rouges, j'ai cherché à modifier comme il suit la formule générale. On se pose l'équation suivante, bien connue dans la théorie des nombres : $b_1 n' - c_1 p' = K$, dont les inconnus n' et p' sont des nombres entiers, b_1, c_1, K étant les constantes de la formule générale (6). Si on la résout d'une manière très approchée avec des nombres petits, on substitue la valeur de K, qui, en fait, disparaît; et, comme les valeurs possibles de b_1, c_1, K sont en nombre infini, on choisit les valeurs de b_1, c_1, qui, étant suffisamment grandes, assurent une bonne solution de l'équation. Les nombres précédents b_1 c_1 K varient avec la raie ou bande, dite raie ou bande 0, qui est choisie comme point de départ des numéros d'ordre $(0, +1, +2, -1, -2)$ dans les trois progressions de la formule.

Les bandes de nombreux spectres ont dans leur partie dégradée un intervalle obscur dû à l'intensité faible ou nulle d'une ou plusieurs raies des séries. Or si l'on prend comme raie 0 la raie médiane de l'intervalle, le coefficient $f_1(np)$ prend une valeur constante que je désignerai dorénavant par a_1 (¹). Ce fait important a été découvert par Heurlinger, et les tableaux qu'il a publiés montrent que les raies médianes des bandes sont aussi, comme les raies arêtes, groupées suivant deux séries arithmétiques n et p, dont les coefficients sont seulement un peu différents. Dans ce qui suit, les bandes seront représentées par leur raie médiane et donc plus faciles à rapprocher des bandes infra-rouges.

(¹) La raie 0 est comprise entre les raies -1 et $+1$; or l'intervalle des raies -1 et $+1$ est égal à $2\,a_1$ (l'effet des perturbations locales étant corrigé). On peut, en partant de cette remarque, chercher à étendre la loi d'Heurlinger à toutes les bandes et à toutes leurs perturbations.

Si donc on a résolu l'équation $a_1 m' + b_1 n' - c_1 p' = K$, la formule générale devient

$$(7) \quad \nu = \frac{F(np')}{2} m^2 + a_1(m + m') + \frac{B}{2} n^2 + b_1(n + n') - \frac{C}{2} p^2 - c_1(p + p'),$$

m', n', p' étant des nombres entiers petits et constants. Les premiers résultats avec la formule nouvelle sont encourageants, et je présente ici son application aux bandes d'absorption de l'oxygène qui constituent un cas simple, et aux bandes d'émission dites du cyanogène. Ces bandes ont un intervalle obscur, et ont été relevées avec soin par Heurlinger, en partant de cet intervalle dans les régions lumineuse et ultraviolette.

Le spectre d'absorption de l'oxygène comprend deux bandes infra-rouges, larges et non résolues, relevées par Coblentz ($\lambda\, 4^{\mu},5$ ou $\nu\, 2128$ et $\lambda\, 3^{\mu},2$ ou $\nu\, 3136$) et cinq bandes, du rouge au jaune, appelées A, B $\alpha\alpha'\alpha''$, qui sont prolongées dans l'infra-rouge par d'autres bandes encore mal connues. Les cinq bandes lumineuses, parfaitement résolues, sont divisées par l'intervalle obscur en deux parties, la tête et la queue; et Carlheim Gyllensköld, par une analyse très serrée, a reconnu dans chacune quatre séries arithmétiques, unies par des relations simples [1]. Dans la Note de juin dernier, j'ai représenté la succession des cinq bandes par la formule :

$$\nu = -\frac{28,224}{2}(p + 0,2775)^2 + 48788,85 \qquad (p \text{ variant de 50 à 46})$$

qui donne les arêtes de la queue, ou les raies isolées sur le bord rouge de l'intervalle. Or, les séries arithmétiques issues de ces raies isolées, avec leurs 47 raies, et les milieux des bandes infra-rouges, ont été exprimées par la formule plus complète :

$$\nu = -\frac{F(np)}{2} \times m^2 - 5,88\, m + 1062,54 \times n - \frac{28,224}{2} \times p^2 + 1447,17 \times p,$$

m variant de 0 à 12, n ayant les valeurs 2 et 3 pour l'infra-rouge, et la valeur 11 pour le groupe lumineux, p variant de 1 à 5, et la fonction F étant égale à $0,2252 + 0,146\, p$. La formule, comme la précédente de l'acide sulfureux, réunit les parties infra-rouge et lumineuse, mais elle a, en plus, deux termes du second degré.

De même les 10 bandes d'émission, lumineuses et ultraviolettes, attribuées au cyanogène, puis à l'azote, et relevées avec soin par Heurlinger,

---

(1) GYLLENSKÖLD, *Mémoires Acad. Stockholm*, t. 42, n° 8, et HEURLINGER, *Untersuchungen über die structur der Banden Spectra*, 1918.

sont représentées, chacune au moins avec 80 raies et avec une bonne précision, par l'expression :

$$\nu = \frac{F(np)}{2} \times m^2 + 3,85(m-3) + \frac{26,34}{2} \times n^2 - 2055,50(n+1)$$
$$- \frac{40,09}{2} p^2 + 2143,525(p+13).$$

La fonction F a dix valeurs de 0,082 à 0,202; m varie de -70 à $+10$, n de 0 à -3, et p de 0 à 2. Les nombres entiers additionnels, m', n', p' sont mis ici en relief et sont égaux à -3, $+1$ et $+13$. Comme l'azote n'a pas encore donné de spectre d'absorption, on n'a pas pu rapprocher, comme précédemment, les bandes lumineuses et infra-rouges.

Ces deux formules de l'oxygène et de l'azote sont provisoires; car d'autres expressions numériques peuvent mieux convenir pour la comparaison avec les bandes infra-rouges du même corps et les spectres d'autres corps.

En résumé, le spectre de bandes peut être considéré comme formé de vibrations longitudinales et transversales; mais la part exacte qui, dans chaque cas, revient aux unes et aux autres, ne peut encore être bien déterminée. Il faut attendre que l'observation soit complétée et surtout étendue à d'autres octaves de l'échelle spectrale.

III. Les formules générales (6) et (7) conduisent à rapprocher intimement et de façon simple tous les spectres de bandes, très divers, d'émission et d'absorption. Elles résument bien les faits acquis et aussi leur interprétation qui admet dans l'atome et la molécule des vibrations à la fois longitudinales et transversales, analogues à celles des corps solides (¹). L'atome est certainement le siège de forces élastiques ou quasi-élastiques, qui s'opposent à sa déformation, et ces forces peuvent y produire les effets déjà reconnus dans les corps ordinaires, de dimensions beaucoup plus grandes. Les conditions qui donnent naissance aux deux vibrations sonores

---

(¹) Le spectre de bandes a des analogies frappantes avec l'émission sonore la plus générale; mais il y a des différences, il y a, par exemple, les coefficients en m^2 et m de la formule (6), qui sont variables, alors que les autres coefficients sont constants. L'atome ne peut, en effet, vibrer exactement comme une verge solide rectangulaire; il a un axe de rotation et donc une dimension différente des deux autres; il a des anneaux distincts d'électrons qui peuvent avoir leurs vibrations spéciales, qui agissent sur le noyau et sont influencés par lui. L'atome, semble-t-il, vibre comme une verge dont l'un des trois côtés, le plus long, serait variable. Ces points seront discutés dans une Note ultérieure.

se rencontrent dans l'atome de J.-J. Thomson, dont le noyau positif, électrisé dans sa masse, est relativement large; on les aperçoit moins bien dans l'atome très aplati de Rutherford, dit atome astronomique.

La vibration longitudinale serait surtout fréquente dans l'absorption, et la transversale dans l'émission; ce qui s'explique par les différences de l'excitation. En général, les deux vibrations sont mélangées dans le spectre d'émission; il en est de même dans l'émission sonore.

L'expérience, qui est mon guide principal, pourra décider sur la valeur finale de ces idées et sur la part de vérité qu'elles contiennent. Dans une Note prochaine, j'exposerai plusieurs faits nouveaux relatifs à la genèse des spectres de bandes.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur une cause de rupture des rails et un moyen de la supprimer*. Note de MM. **Georges Charpy** et **Jean Durand**.

Plusieurs observateurs ont déjà indiqué que l'une des causes les plus fréquentes de rupture des rails de chemins de fer, lorsque ceux-ci ne présentent pas de défauts locaux provenant de la fabrication, consiste dans la formation de fissures très fines qui se produisent au bout d'un certain temps sur la surface de roulement. MM. Mesnager, Cellerier, Breuil, et, plus récemment, MM. Sabouret et Chagnoux ont signalé ce phénomène et recommandé un examen minutieux de la voie permettant de retirer les rails dès qu'on peut constater cette altération qui leur enlève toute solidité. Nous avons repris l'étude de cette question en nous plaçant à un point de vue différent; nous nous sommes proposé, en effet, de préciser le mode de formation de ces fissures, de chercher à les reproduire artificiellement, afin de voir s'il ne serait pas possible d'arriver à un remède préventif moins coûteux et plus sûr que la suppression pure et simple des rails altérés.

Au cours de ces recherches, nous avons constaté d'abord que le phénomène est très général et ne se présente pas seulement sur les rails de chemins de fer; on peut l'observer dans un grand nombre de cas, présentant ce caractère commun que l'acier y est soumis à un écrouissage intense limité à une couche superficielle. Cette couche semble, dans ces conditions, être soumise à des tensions de même nature que celles qui se produisent, par le jeu des dilatations, entre une pâte céramique et sa couverte, et qui donnent naissance aux ruptures par « tressaillement ». Les craquelures de l'acier se produisent lorsque le métal est assez écroui superficiellement pour pouvoir se rompre sans prendre d'allongement sensible.

Ainsi qu'on peut le prévoir d'après ce qui précède, le phénomène est particulièrement marqué dans les métaux de nuance très dure. Avec la fonte blanche, en particulier, il suffit d'un meulage un peu brutal pour faire apparaître sur la surface meulée un réseau de craquelures tout à fait analogue à celui qui a été observé sur les rails. La même expérience (craquelures par meulage) peut être répétée avec les aciers à outils rapides trempés, ainsi qu'avec les métaux au chrome-nickel de nuance dure (métal pour obus de rupture) ou avec les aciers cémentés, trempés à l'eau froide sans revenu. Nous présentons à l'Académie divers échantillons ainsi traités.

Les fissures, souvent très fines, peuvent être accentuées par une attaque à l'acide. Il semble même que, dans certains cas, l'acide « développe » ces fissures qui n'existaient dans le métal qu'à l'état latent, sans qu'un examen microscopique minutieux de la surface polie pût les déceler; les craquelures se formeraient alors lorsque la résistance de la couche superficielle serait suffisamment amoindrie, par suite de l'amincissement produit par l'action de l'acide.

D'autres modes d'écrouissage que le meulage permettent d'obtenir des résultats analogues. Nous n'en citerons qu'un seul exemple qui est assez frappant. Il consiste à écrouir la surface d'un métal très dur en y effectuant sous pression une empreinte de bille, suivant le mode adopté pour mesurer la dureté par la méthode Brinnell. Dans ces conditions, on voit quelquefois de fines fissures en examinant l'empreinte au microscope; mais, même lorsque le métal paraît être resté parfaitement compact, il suffit d'effectuer une attaque à l'acide, ainsi qu'il a été dit plus haut, pour voir se former des fissures radiales, parfaitement nettes, généralement disposées de façon à former une étoile régulière. La longueur de ces fissures indiquerait l'étendue dans laquelle se fait sentir l'écrouissage produit par la bille autour de l'empreinte elle-même. Cette expérience réussit facilement avec les outils rapides trempés, ou sur les pointes d'obus de rupture.

Dans l'acier de nuance moyenne qui est employé pour les rails (résistance de 65^{kg} à 70^{kg}), l'écrouissage superficiel total est beaucoup plus difficile à obtenir; le travail par meulage est alors impuissant à produire ce résultat. Pour reproduire le phénomène observé sur les voies de chemins de fer, nous avons alors pensé à utiliser l'analogie depuis longtemps signalée par Duguet entre le roulement des trains et le travail du laminoir. L'épreuve est d'autant plus facile à faire que l'on emploie fréquemment des cylindres de laminoir en acier demi-dur de nuance identique à celle qui est utilisée pour la fabrication des rails. Or, sur un grand nombre de ces cylindres, nous

avons pu observer, après un certain temps de service, des craquelures rigoureusement identiques à celles qui se produisent sur les rails, comme le montrent les échantillons que nous présentons à l'Académie. Nous avons observé aussi le même phénomène sur les tourillons de cylindres de laminoir en acier.

On peut citer encore ici un exemple qui, à première vue, semble très différent de ceux rappelés ci-dessus : c'est celui de l'érosion des âmes de canons, qui a donné lieu à de nombreuses études, en particulier à celles, toutes récentes, du Professeur Howe et de Mr. Fay. En examinant la surface de l'âme au moment où les érosions commencent à se produire, on y reconnaît très clairement la présence de craquelures identiques à celles des rails et des cylindres de laminoir et qui seraient attribuables à l'écrouissage produit par le frottement des ceintures des projectiles sur les rayures.

Cet exemple, comme aussi celui des cylindres de laminoir, conduirait à penser que la formation des craquelures, dans l'acier demi-dur, se fait beaucoup plus facilement à une température supérieure à la normale. Cela ne doit pas surprendre, car on sait, depuis longtemps, que l'écrouissage est particulièrement dangereux pour l'acier aux températures où le métal se colore par oxydation (écrouissage au bleu). Dans le cas des rails de chemins de fer, cette condition sera réalisée dans les patinages causés par de brusques coups de frein et sous l'influence desquels on sait qu'il se produit une notable élévation de température.

Tout ce que l'on vient de dire montre aussi que, pour l'acier demi-dur, l'écrouissage nécessaire pour amener la formation des craquelures ne peut être produit instantanément et nécessite une série d'actions répétées, amenant un durcissement graduel de la surface. Les relevés statistiques corroborent cette manière de voir; si, d'après un relevé très complet qui nous a été communiqué par M. Euverte, des chemins de fer P.-L.-M., on trace la courbe représentant le nombre des ruptures de rails en fonction de la durée de service, on constate qu'elle présente un brusque changement de direction à partir d'une durée d'environ 10 ans, au delà de laquelle le nombre des ruptures, qui était très faible auparavant, s'accentue rapidement. Il s'agit donc bien d'un « vieillissement » progressif des rails pour lesquels, au moins dans le cas cité, 10 ans représente un « âge critique »; et cette observation permet d'entrevoir un remède.

Le durcissement produit par l'écrouissage peut, en effet, être à chaque instant supprimé par un recuit convenable; si l'on effectue ce recuit avant que les craquelures se soient formées, on annule complètement l'altération produite, on supprime l'effet du vieillissement et l'on peut dire par suite

que l'on effectue, pour conserver la même comparaison, un « rajeunissement » du métal qui le replace sensiblement dans les conditions initiales. Cette déduction peut être illustrée facilement au moyen de l'expérience par empreinte de bille sur l'acier rapide que nous avons citée plus haut. Si après avoir fait l'empreinte on soumet le métal à un recuit, on pourra l'attaquer très profondément par un acide sans faire apparaître la moindre fissure.

Dans le cas des rails, ce recuit superficiel est relativement facile à appliquer; on a décrit récemment des appareils de chauffage, montés sur roues, qui avaient pour but de produire des trempes superficielles de la surface de roulement; les mêmes appareils produiraient plus facilement encore le recuit. En recuisant avant l'âge critique de 10 ans, on pourrait espérer voir diminuer, dans une proportion considérable, le nombre des ruptures dues aux craquelures.

Sans insister plus longuement aujourd'hui sur cette conception, sur laquelle nous comptons revenir, nous croyons devoir signaler son caractère très général. Toutes les fois qu'une pièce métallique est sujette à s'altérer par un écrouissage local qui se développe graduellement en service, et les exemples en sont fréquents en dehors des rails (chaînes, boulons, tirants, etc.), on pourra combattre cet effet par des recuits appliqués à des intervalles convenablement espacés; on pourrait dire que des « cures thermiques » appliquées à des intervalles convenables permettent de prolonger considérablement la « durée de vie » de certaines pièces métalliques, et cela met en évidence une source d'économie de métal qui mérite de n'être pas négligée.

THERMODYNAMIQUE. — *L'équation d'état du formiate d'éthyle.* Note (1) de M. E. **Ariès**.

Après avoir donné, dans l'une de nos récentes Notes, la valeur de l'exposant n pour sept substances différentes, nous avons déterminé, dans deux Notes qui ont suivi (2), les fonctions Γ et a pour l'une de ces substances, l'acétate de propyle, et nous avons ainsi complètement défini l'équation d'état de ce corps. On a pu constater que cette équation donnait une représentation très satisfaisante des propriétés thermiques de l'acétate de propyle, pris à l'état de saturation, sauf dans l'intervalle qui s'éloigne de 35° environ de la température critique. Dans cet intervalle, la chaleur de vaporisation et

(1) Séance du 29 septembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, 1919, t. 168, p. 930 et 1188; t. 169, p. 216.

le volume moléculaire de la vapeur, ou, ce qui revient au même, la densité de cette vapeur, s'accordent moins bien avec les données de l'expérience. Si ce fait peut s'expliquer, au voisinage immédiat de la température critique, par des erreurs d'observation inévitables, il semble qu'on ne peut l'attribuer, quand il s'agit d'une trentaine de degrés au-dessous de cette température, qu'à une imperfection légère et passagère de l'équation d'état.

Il est très vraisemblable que l'étude des six autres substances par la même méthode conduirait à des résultats analogues. Il nous a paru intéressant de le vérifier, sur l'un de ces corps, et nous avons choisi, dans ce but, le formiate d'éthyle.

Nous avons déterminé la fonction Γ,

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)^2}{A + B\tau + C\tau^2} = 1 + \frac{(1-\tau)^2}{\Theta},$$

en adoptant, pour le calcul des trois coefficients du trinôme du second degré Θ, les tensions de vapeur observées par M. S. Young aux températures centigrades de 0°, 80° et 160°; on trouve ainsi

$$A = -0,11492, \qquad B = 2,6947, \qquad C = -2,5117.$$

Tableau I. — *Formiate d'éthyle.*

$\omega = 74,05; \qquad n = 1,15.$

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée, calculée.	Tension de la vapeur saturée, observée.	Δ calc. — obs.	Chaleur de vaporisation, calculée.	Chaleur de vaporisation, observée.	Δ calc.—obs.
°	cm	cm	cm			
—20........	2,26	2,25	0,01	//	//	//
0........	7,24	7,24	0	//	//	//
20........	19,33	19,26	0,07	//	//	//
40........	44,53	44,67	—0,14	//	//	//
				Cal	Cal	Cal
50........	64,67	64,94	—0,27	97,41	97,92	—0,51
60........	91,33	92,15	—0,82	95,35	95,82	—0,47
70........	126,17	126,62	—0,45	92,93	93,52	0,41
80........	170,6	170,6	0	90,61	90,91	—0,30
100........	294,7	295,0	—0,3	85,97	85,74	0,23
120........	477,8	477,8	0	80,10	80,26	—0,16
140........	736,0	736,0	0	74,36	74,18	0,18
160........	1084,7	1084,7	0	67,22	67,21	0,01
180........	1541,1	1535,8	5,3	58,78	59,44	0,34
200........	2123,4	2114,8	8,6	48,25	49,28	—1,03
210........	2469,3	2460,1	9,2	41,66	42,83	—1,17
220........	2863,6	2852,7	10,9	33,26	34,47	—1,21
230........	3293,0	3296,8	—3,8	20,97	22,79	—1,82
235,3 (crit.).	3553,5	3553,5	0	0	//	//

La fonction Γ et les trois constantes T_c, P_c, n étant les seuls éléments nécessaires au calcul de la tension de vapeur et de la chaleur de vaporisa-

tion à toute température, nous avons pu établir le Tableau I, dans lequel, en face des valeurs calculées, sont portées les valeurs observées sur toute l'étendue des températures étudiées par M. S. Young. On voit que les différences entre les tensions à comparer sont tout à fait du même ordre de grandeur que pour l'acétate de propyle. Les différences entre les chaleurs de vaporisation sont plus accentuées, mais toujours dans le même intervalle de 35°, à partir de la température critique.

La fonction a est définie par la formule

$$a = a_c + \frac{1-\tau}{A + B\tau + C\tau^2} = a_c + \frac{1-\tau}{\Theta},$$

et la constante a_c par la formule

$$a_c = \frac{8 P_c v_c}{R T_c} - 2.$$

D'après les valeurs des trois éléments critiques, on trouve

$$a_c = 0,053915.$$

Pour calculer les coefficients du trinôme Θ, nous avons employé les données expérimentales relatives aux températures centigrades de 60°, 140° et 220°. On trouve

$$A = 3,8456, \qquad B = -5,7412, \qquad C = 2,0016.$$

La fonction a étant ainsi entièrement déterminée, on en déduit les volumes moléculaires v_1 et v_2, occupés par le formiate d'éthyle sur toute l'étendue des températures explorées par M. S. Young. Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau II.

Tableau II. — *Formiate d'éthyle.*

$T_c = 508,4$; $P_c = 3553^c,5$; $v_c = 0,22911$; $\mu = 74,05$; $n = 1,15$; $R = 0,0821$.

Température centigrade.	Volume moléculaire du fluide saturé (en litres). État de vapeur (v_1).			État liquide (v_2).		
	Vol. calc.	Vol. obs.	Δ.	Vol. calc.	Vol. obs.	Δ.
50°	30,1921	30,3753	−0,1832	0,08405	0,08389	0,00016
60	21,7035	21,9706	−0,2671	0,08522	0,08522	0
80	12,1326	12,0442	0,0884	0,08755	0,08806	−0,00041
100	7,17211	7,17545	−0,00334	0,09076	0,09128	−0,00052
120	4,46661	4,46892	−0,00231	0,09463	0,09498	−0,00035
140	2,88714	2,88795	−0,00081	0,09943	0,09943	0
160	1,91313	1,91049	0,00264	0,10532	0,10493	0,00039
180	1,28929	1,28847	0,00082	0,11238	0,11203	0,00035
200	0,85747	0,85898	−0,00151	0,12221	0,12206	0,00015
220	0,52727	0,53686	−0,00959	0,13997	0,13997	0
230	0,36702	0,39173	−0,02471	0,16300	0,15976	0,00324
235,3 (crit.)	0,22911	0,22911	0	0,22911	0,22911	0

Le volume calculé du liquide s'accorde très convenablement avec le volume observé, sauf à la température de 270°, à 5°,3 seulement au-dessous de la température critique, où se manifeste un écart qui ne nous paraît pouvoir être imputé qu'à une erreur dans la valeur dite *observée*. Le volume calculé de la vapeur donne lieu à des écarts généralement assez faibles, mais plus accentués aux hautes températures, et qui sont du même ordre de grandeur que pour l'acétate de propyle. En résumé, les équations d'état de l'acétate de propyle et du formiate d'éthyle représentent, comme il est prévu plus haut, d'une façon très satisfaisante, les propriétés thermiques des deux fluides, sauf en ce qui concerne la chaleur de vaporisation et la densité de la vapeur, dans un intervalle qui s'étend de la température critique à 35° environ au-dessous.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le genre* Saphæosaurus, *Rhynchocéphalien du Kimmeridgien de Cérin*. Note de M. **G.-A. Boulenger.**

D'accord avec L. Lortet, à l'époque de la publication de sa description, si admirablement illustrée ([1]), du *Saphæosaurus Thollierii* H. v. Meyer (*Sauranodon incisivus* Jourdan), j'avais considéré ([2]) ce Reptile comme un Rhynchocéphalien proprement dit, méritant de constituer une famille à part : *Sauranodontidæ*.

Aussi n'est-ce pas sans étonnement que j'ai pris connaissance des objections de D.-M.-S. Watson ([3]), qui a proposé de le rapprocher du *Pleurosaurus* H. v. Meyer, type de l'ordre des *Acrosauria*, réduit par lui au rang de sous-ordre des *Squamata*, un même titre que les Pythonomorphes, les Dolichosauriens, les Lacertiliens et les Ophidiens.

Je me proposais de réexaminer la question à la première occasion et j'ai profité d'une visite au Musée de Lyon, où j'ai reçu le plus aimable accueil de M. le Dr Gaillard, pour étudier les crânes dont dépend sa solution.

S'appuyant sur les figures du Mémoire de Lortet et sur certains moulages, Watson croit pouvoir attribuer aux *Saphæosaurus* une région temporale du même type que le *Pleurosaurus*. Pourtant, d'après les figures de la planche III de Lortet, il y a évidemment une arcade osseuse inférieure, s'étendant jusqu'au quadratum, indépendante de l'arcade supérieure, con-

---

([1]) *Les Reptiles fossiles du Bassin du Rhône* (*Arch. Mus. H. N. Lyon*, t. 5, 1892).

([2]) *Ann. and Mag. N. H.*, 6e série, t. 11, 1893, p. 208.

([3]) *Ann. and Mag. N. H.*, 8e série, t. 14, 1914, p. 90.

stituée par les éléments que je nomme *post-frontal*, *sur-temporal* et *squamosal*. Cette arcade inférieure est clairement indiquée sur les figures et dans la description de Lortet, puisqu'elle « projette sur le maxillaire inférieur une espèce de joue osseuse des plus remarquables et semblable à celle qu'on peut constater chez certains Chéloniens ». Et en se reportant à la figure du dessus du crâne (pl. IV), on voit que la largeur de celui-ci au niveau des arcades supérieures est moindre que l'espace qui sépare les bords externes du crâne entier au point où il s'articule avec la mâchoire inférieure. Si ces figures sont exactes, et il ne me semblait pas permis d'en douter, l'opinion de Watson ne peut être partagée. Il importait donc de vérifier l'état des choses *de visu* et j'ai enfin la satisfaction d'avoir pu le faire et de communiquer le résultat à l'Académie.

Le dessus du crâne est assez différent de ce qui est représenté sur la planche IV; cette partie du squelette a probablement été soumise au ciseau, peut-être aussi à l'action d'un acide, depuis l'exécution de la planche lithographiée; elle permet cependant de constater que les principaux os étaient bien tels qu'ils sont représentés. L'arcade inférieure existe et je pense avoir réussi à m'assurer de la présence d'une suture séparant le maxillaire du jugal, à l'endroit indiqué par une faible échancrure dans le contour du crâne vu en dessus, figure 1 de la planche IV; j'ai pu également me convaincre de l'existence d'une fosse latéro-temporale, caractère qui sépare le crâne des Rhynchocéphaliens de celui des Acrosauriens et des Lacertiliens.

Si l'interprétation de Watson était correcte, le post-frontal (post-orbitaire), tel qu'il est figuré sur la planche IV de Lortet, devrait représenter le post-frontal et le jugal dont la séparation aurait échappé au dessinateur; mais alors, que seraient les os en dessous et en dehors de cette pièce, c'est-à-dire le maxillaire et le jugal? Et comment expliquer l'os, prolongement du maxillaire de Lortet, qui est en dehors de la mâchoire inférieure dans les figures 1 et 4 de la planche III? Un instant de réflexion, en présence de ces figures, qui sont essentiellement correctes sur ce point, aurait dû suffire pour écarter toute supposition d'analogie avec le *Pleurosaurus*.

Quant à celui-ci, le crâne du magnifique spécimen faisant partie de la collection du Musée de Lyon [1] ne répond pas à la restauration de Watson. Il n'est pas facile de se rendre compte des limites de tous les os à l'arrière du crâne, mais le côté gauche montre clairement que ce qui serait le jugal

(1) Lortet, *l. c.*, pl. VII. Je dois noter aussi que la forme donnée au cinquième métatarsien sur cette figure répond à la réalité et éloigne le *Pleurosaurus* des Lacertiliens, ainsi que je l'ai déjà fait observer en me basant sur les données de la publication de Lortet.

d'après Watson fait partie de la mâchoire inférieure. Comme l'indique la figure, il y a une courbe très prononcée au bord postéro-inférieur de l'orbite, au point où le maxillaire se joint au jugal.

Par la présence simultanée du sur-temporal et du squamosal [1], le *Saphœosaurus* se montre plus généralisé que le *Sphenodon*; par contre, la largeur plus considérable de l'arcade supratemporale indique, selon moi, une évolution plus avancée [2], tout comme l'ossification plus complète des centres vertébraux et l'absence des dents, vers laquelle tend le *Sphenodon* à un âge avancé. On pourrait même se demander si ce n'est pas par suite d'usure de ces organes que le *Sauranodon* mérite ce nom. L'examen auquel je me suis livré me porte cependant à admettre, avec Lortet, que les mâchoires étaient non seulement vraiment édentées, mais qu'elles étaient probablement recouvertes d'un étui corné comme chez les Chéloniens. La famille des *Sauranodontidæ* est donc pleinement justifiée.

M. **R. Bourgeois** fait hommage à l'Académie du *Rapport sur les travaux exécutés en* 1913 par le Service géographique de l'Armée.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Une brochure de M. Gudgeir Jóhansson relative à l'*Éruption du volcan Katla dans le glacier de Myrdal* (*Islande*) *en octobre* 1918, transmise par M. le Ministre des Affaires étrangères.

---

(1) Ce caractère n'est pourtant pas d'une importance capitale au point de vue systématique, car il peut varier, selon les genres, dans une même famille de Lacertiliens.

(2) Cette théorie peut se vérifier sur les Crocodiliens : fosse supratemporale énorme chez les *Steneosaurus*, grande chez les *Goniopholis*, plus ou ou moins réduite chez les Crocodilides en général, fermée chez certains Caïmans; elle est de plus confirmée par l'ontogénie des Crocodiles vivants, la fosse étant relativement plus grande chez les jeunes que chez les adultes. Chez le *Sphenodon*, l'arcade supratemporale acquiert plus de largeur, en proportion de sa longueur, au cours du développpement. Étant donnés ces faits, si faciles à contrôler, j'ai peine à comprendre la difficulté qu'a éprouvée Broom (*Proc. Zool. Soc. Lond.*, 1913, p. 625) à rapporter à l'*Ornithosuchus Woodwardi* Newton le grand individu que j'ai décrit et figuré sous ce nom en 1903 (*Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, t. 196, p. 182, pl. 14 et 15). La différence sur laquelle il s'appuie en proposant le nom de *O. Taylori* pour celui-ci est précisément ce qu'on est en droit de prévoir chez un adulte comparé à un jeune.

Catalogue raisonné et descriptif des collections d'Ostéologie du Muséum d'Histoire naturelle, par **R. Anthony** : *Mammifères;* fasc. X. — *Tubulidentata.* Publication entreprise à l'aide d'une subvention sur la fondation Loutreuil. (Présenté par M. Edm. Perrier.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui faire connaître le nom de dix de ses Membres qui devront faire partie de la *Commission supérieure des Inventions*, qui vient d'être réorganisée par décret en date du 20 septembre 1919.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension des polynomes de Bernoulli.* Note de M. **N.-E. Nörlund**, présentée par M. Appell.

1. Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 8 septembre 1919, j'ai étudié certains polynomes $B_\nu^{(n)}(x)$ qui sont une extension naturelle des polynomes de Bernoulli. Ces polynomes possèdent plusieurs propriétés remarquables. Je vais en indiquer quelques-unes. D'abord ils satisfont à la relation

$$B_\nu^{(n)}(\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n-x)=(-1)^\nu B_\nu^{(n)}(x).$$

En effet, on vérifie que les deux membres sont des solutions d'une même équation aux différences finies. Il en résulte que le polynome $B_\nu^{(n)}(x)$ s'annule au point $x=\frac{1}{2}(\omega_1+\omega_2, \ldots, \omega_n)$, si ν est impair, et que le polynome $B_\nu^{(n)}(x)-B_\nu^{(n)}$ admet les deux zéros $x=0$ et $x=\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n$, si ν est pair.

$B_\nu^{(n)}(x)$ est une fonction symétrique des paramètres ω_i. Pour les mettre en évidence, j'écris $B_\nu^{(n)}(x\,|\,\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n)$. Soient $p_1, p_2, \ldots, p_n$ des entiers positifs quelconques. On a la relation

$$(1)\qquad \sum_{s_1=0}^{p_1-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{p_n-1} B_\nu^{(n)}\left(x+\frac{s_1\omega_1}{p_1}+\ldots+\frac{s_n\omega_n}{p_n}\,\middle|\,\omega_1, \ldots, \omega_n\right) = p_1 p_2\ldots p_n\, B_\nu^{(n)}\left(x\,\middle|\,\frac{\omega_1}{p_1}, \frac{\omega_2}{p_2}, \ldots, \frac{\omega_n}{p_n}\right).$$

En effet, les deux membres satisfont à une même équation aux diffé-

rences. Soient maintenant $p_1, p_2, \ldots, p_n$ des entiers positifs pairs. On démontre de la même manière que

$$\sum_{s_1=0}^{p_1-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{p_n-1}(-1)^{s_1+\ldots+s_n}\,\mathrm{B}_{\nu+n}^{(n)}\left(x+\frac{s_1\omega_1}{p_1}+\ldots+\frac{s_n\omega_n}{p_n}\,\middle|\,\omega_1,\ldots,\omega_n\right)$$
$$=\mathrm{K}\,\mathrm{E}_\nu^{(n)}\left(x\,\middle|\,\frac{\omega_1}{p_1},\frac{\omega_2}{p_2},\ldots,\frac{\omega_n}{p_n}\right),$$

$\mathrm{E}_\nu^{(n)}(x)$ étant le polynome d'Euler dont il a été question dans une Note précédente [1]. La constante K est égale à

$$(-2)^{-n}\omega_1\omega_2\ldots\omega_n(\nu+1)(\nu+2)\ldots(\nu+n).$$

Ces deux relations jouent un rôle important dans l'étude des propriétés des polynomes. Si, dans l'équation (1), on fait tendre les entiers $p_1, \ldots, p_n$ vers l'infini, il vient

$$\int_0^1 dt_1\int_0^1 dt_2\ldots\int_0^1 \mathrm{B}_\nu^{(n)}(x+\omega_1 t_1+\omega_2 t_2+\ldots+\omega_n t_n)\,dt_n=x^\nu.$$

On démontre de même que

$$\int_0^{\frac{1}{2}} dt_1\int_0^{\frac{1}{2}} dt_2\ldots\int_0^{\frac{1}{2}} \mathrm{B}_\nu^{(n)}(\omega_1 t_1+\omega_2 t_2+\ldots+\omega_n t_n)\,dt_n=2^{-2\nu-n}\,\mathrm{C}_\nu^{(n)},$$
$$\int_{\frac{1}{4}}^{\frac{3}{4}} dt_1\int_{\frac{1}{4}}^{\frac{3}{4}} dt_2\ldots\int_{\frac{1}{4}}^{\frac{1}{2}} \mathrm{B}_\nu^{(n)}(\omega_1 t_1+\omega_2 t_2+\ldots+\omega_n t_n)\,dt_n=2^{-2\nu-n}\,\mathrm{E}_\nu^{(n)},$$

$\mathrm{C}_\nu^{(n)}$ et $\mathrm{E}_\nu^{(n)}$ étant les nombres dont il a été question dans la Note susdite.

2. Disons encore quelques mots sur ce qui arrive si tous les nombres ω tendent vers *un*. En ce cas, nos polynomes satisfont à l'équation

$$(2)\qquad \mathrm{B}_\nu^{(n+1)}(x)=\frac{n-\nu}{n}\,\mathrm{B}_\nu^{(n)}(x)+(x-n)\frac{\nu}{n}\,\mathrm{B}_{\nu-1}^{(n)}(x).$$

En posant $\nu=n$ il en résulte que

$$\mathrm{B}_n^{(n+1)}(x)=(x-1)(x-2)\ldots(x-n).$$

De l'équation (2) on conclut que le polynome d'ordre n s'exprime linéai-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 166 et 221.

rement par n polynomes d'ordre *un*. On trouve, en effet,

$$B_\nu^{(n+1)}(x) = \frac{\nu!}{n!\,(\nu-n-1)!}\sum_{s=0}^{s=n}\frac{(-1)^s}{s!}\,\frac{B_{\nu-n-s}(x)}{\nu-n-s}\,D_x^s(x-1)(x-2)\ldots(x-n).$$

En développant le polynome de Bernoulli en série de facultés, on trouve

$$(3)\qquad B_\nu^{(n)}(x+y) = \sum_{s=0}^{s=\nu}\binom{\nu}{s}B_{\nu-s}^{(n-s)}(y)\,x(x-1)\ldots(x-s),$$

x et y étant des nombres quelconques. Les relations (2) et (3) sont vraies, que l'ordre n soit positif, nul ou négatif. En posant $x=0$ dans l'équation (2) on trouve, entre les nombres $B_\nu^{(n)}$, la relation suivante :

$$(4)\qquad B_\nu^{(n+1)} = \frac{n-\nu}{n}B_\nu^{(n)} - \nu B_{\nu-1}^{(n)}.$$

On a en outre $B_0^{(n)} = 1$, quel que soit n. Il en résulte que $B_\nu^{(n)}$ est un polynome en n du degré ν. Mais alors une extension nouvelle se présente naturellement à l'esprit, extension qui n'avait pas de sens dans le cas général. Jusqu'ici l'ordre n a été essentiellement un entier. Mais, en déterminant les $B_\nu^{(n)}$ comme nous venons de le dire, on peut s'affranchir de cette restriction et considérer n comme une variable continue. L'équation (4) définit ainsi une classe nouvelle de polynomes qui sont indispensables dans l'étude des séries de facultés [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation analytique des fonctions de plusieurs variables complexes.* Note de M. **Stoïlow**, présentée par M. Appell.

1. Dans un Mémoire paru en 1882, M. Appell [2] a le premier essayé d'étendre aux fonctions de plusieurs variables le théorème de M. Mittag-Leffler, sur la formation d'une fonction uniforme d'une seule variable avec des singularités données à l'avance. Plus tard M. Pierre Cousin [3] a repris la question à un point de vue très général et en a fait plusieurs applications importantes. Mais le théorème de M. Mittag-Leffler a encore une autre

---

(1) Cf. ma Note présentée dans la séance du 4 mai 1914.

(2) *Acta Mathematica*, t. 2, 1882.

(3) *Acta Mathematica*, t. 19, 1895.

signification : il donne, au moyen des fonctions rationnelles, une représentation analytique d'une fonction uniforme *donnée à priori* avec des singularités soumises à des conditions très générales.

Les travaux cités plus haut ne peuvent fournir une telle représentation, car on ne peut, en général, caractériser une singularité d'une fonction de plusieurs variables qu'en se donnant une fonction, du même nombre de variables, présentant cette singularité. Aussi y voit-on toujours apparaître une suite de *fonctions arbitraires* qui ne sont pas qualifiées d'une manière particulière pour caractériser ces singularités.

Le but de cette Note est de montrer comment on peut, dans un cas simple (qu'il serait facile d'étendre avec certaines restrictions), représenter analytiquement une fonction de deux variables, uniforme, et dont on ne connaît que la *forme géométrique* des multiplicités singulières, ce qui correspond au cas où l'on connaît les points singuliers d'une fonction d'une variable.

2. Je supposerai que les multiplicités singulières de la fonction donnée $f(x, y)$ sont linéaires, c'est-à-dire données par des équations

$$ax + by + c = 0,$$

à coefficients a, b et c constants, que les points de rencontre P de plusieurs multiplicités singulières sont isolés et que ces multiplicités elles-mêmes, qui passent par l'un de ces points, sont en nombre fini.

Considérons alors deux de ces multiplicités passant par P_0, soient :

$$a_0 x + b_0 y + c = 0 \quad \text{et} \quad a_1 x + b_1 y + c_1 = 0.$$

Un changement de variable très simple ramène ces singularités à

$$X = 0 \quad \text{et} \quad Y = 0$$

et leur point de rencontre P_0 à l'origine.

La fonction transformée $F(X, Y)$ possédera les mêmes propriétés que celles que nous avons supposées à $f(x, y)$. On pourra écrire pour Y quelconque assez près de zéro :

$$F(X, Y) = \sum_{i=0}^{i=+\infty} M_i \frac{1}{X^i} + F_1(X, Y),$$

où F_1 est une fonction n'ayant plus la multiplicité singulière

$$X = 0$$

et n'ayant pas d'autres singularités que celles de $F(X, Y)$; les M_i sont des

fonctions de Y uniformes et holomorphes autour de l'origine, l'origine elle-même pouvant être un point singulier. On aura donc

$$F(X, Y) = \sum_{i=0}^{i=+\infty} \frac{1}{X} \sum_{j=+\infty}^{j=-\infty} A_{ij} Y^j + F_1(X, Y)$$

où les A_{ij} sont des constantes; on peut donc réduire successivement les singularités de $F(X, Y)$ qui passent par l'origine. D'autre part, les sommes infinies qui apparaissent ainsi dans l'expression de $F(X, Y)$ convergent pour toutes valeurs finies non nulles de X et de Y.

3. Ceci étant, revenons maintenant à $f(x, y)$. A chaque point P correspondront un nombre limité de séries de la forme

$$\text{(I)} \qquad \sum_{i=0}^{i=+\infty} (ax + by + c)^i \sum_{j=-\infty}^{j=+\infty} (a'x + b'y + c')^j$$

dont la somme représentera une fonction différant de $f(x, y)$ par une fonction holomorphe en P.

Considérons maintenant un point ordinaire de $f(x, y)$, soit O. Nous pourrons ordonner par rapport à ce point les multiplicités singulières de manière que leur indice d'ordre augmente avec la distance minima de la singularité à O. Soit m l'indice de l'une de ces multiplicités singulières. Considérons ceux des points P qui se trouvent sur cette multiplicité sans être en même temps sur une multiplicité singulière dont l'indice serait $< m$. Tous ces points peuvent être ordonnés d'une certaine manière, par exemple suivant la distance qui les sépare d'un point fixe de la même multiplicité. Chaque point P aura ainsi deux indices par les valeurs desquels il sera parfaitement déterminé. On pourra alors suivre exactement le raisonnement bien connu de M. Mittag-Leffler pour le cas d'une seule variable et exprimer par conséquent $f(x, y)$ par une somme de séries (I) et de polynomes en x et y. On en aura ainsi une représentation analytique au moyen de fonctions rationnelles, valable dans tout l'espace à quatre dimensions de x et y (1).

---

(1) Certains types de fonctions que M. Appell a étudiés dans le Mémoire cité, ainsi que les fonctions qui sont solutions uniformes des équations linéaires aux dérivées partielles à caractéristiques linéaires et à coefficients fonctions entières de x et y dont je me suis occupé dans une Note (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 231) constituent des classes particulières des fonctions étudiées ici.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformations des équations linéaires aux dérivées partielles à deux variables indépendantes.* Note [1] de M. G. CERF, présentée par M. E. Goursat.

I. Je rappelle d'abord, en le précisant, un résultat que j'ai indiqué précédemment dans ce Recueil [2] et qui sera développé dans un travail qui paraîtra prochainement.

Soient deux équations aux dérivées partielles d'ordre m et M ($m \leqq M$)

$$(1) \qquad \begin{cases} f(x, y, z, \ldots, p_{0,m}) = 0, \\ F(x, y, z, \ldots, p_{0,M}) = 0, \end{cases}$$

admettant r directions communes de caractéristiques.

Posons

$$[f, F] = \sum_{i=0}^{i=m} \frac{\partial f}{\partial p_{m-i,i}} \left(\frac{d^m F}{dx^{m-i}\, dy^i} \right) - \sum_{I=0}^{I=M} \frac{\partial F}{\partial p_{M-I,I}} \left(\frac{d^M f}{dx^{M-I}\, dy^I} \right).$$

Des équations (1), au moyen de différentiations et au besoin d'éliminations, on peut, sauf circonstances exceptionnelles, déduire un ou plusieurs systèmes que nous désignons par B^r, d'ordre au plus égal à $m + M - 1$, complètement intégrables à condition que la relation

$$(2) \qquad [f, F] = 0$$

en soit conséquence algébrique. Quand cette condition est satisfaite, nous disons que les équations (1) sont *conjointes*. Par exemple, si les équations (1) sont du premier ordre et en involution, elles sont conjointes; elles sont conjointes également si l'on en déduit une relation indépendante de p et q définissant une ou plusieurs fonctions z de x et y intégrales de (1).

Dans le cas général, on peut indiquer une manière commode pour former B^r qui évite de considérer des équations destinées à disparaître par la suite; elle n'exige pas que (1) soit en *conjonction;* le nombre des équations de B^r et la façon de les obtenir ne dépendent pas uniquement de r. Lorsqu'on sait *a priori* que (1) admet des solutions dépendant d'un nombre de constantes arbitraires égal à celui des dérivées paramétriques de B^r, on est assuré que les équations (1) sont conjointes et par suite que (2) est conséquence algébrique de B^r.

---

[1] Séance du 29 septembre 1919.

[2] *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 552.

II. Supposant que les équations (1) soient conjointes, nous nous plaçons maintenant dans le cas où elles sont linéaires; la formation de B^r n'exige naturellement que des combinaisons linéaires des diverses équations qui se présentent. Soient φ et Φ deux fonctions de x et y et d'une fonction z' de x et y, ainsi que de certaines de ses dérivées; la relation

$$[f - \varphi, \mathrm{F}\Phi] = 0$$

est équivalente, moyennant B^r déduit de (1), à une équation en z'.

Il résulte de là, en particulier, que la transformation $z' = \mathrm{F}$ fait correspondre à $f = 0$ une équation en z' : $f' = 0$. Si la solution la plus générale de (1) ne dépend que d'un nombre fini de constantes arbitraires, l'ordre de $f' = 0$ est le même que celui de $f = 0$.

Par exemple, soient

$$f = s + ap + \delta bq + cz, \qquad \mathrm{F} = r + \lambda p + \mu z + \nu q + \rho t, \qquad \rho \neq 0;$$

si les équations $f = 0$, $\mathrm{F} = 0$ sont conjointes, elles admettent des solutions dépendant de quatre constantes arbitraires; connaissant quatre solutions linéairement indépendantes de $f = 0$, on peut déterminer λ, μ, ν, ρ de telle façon qu'elles soient solutions de $\mathrm{F} = 0$, et par la transformation $z' = \mathrm{F}$ on transforme l'équation $f = 0$ en une équation généralement du second ordre en z', ce qui rentre dans la théorie de Darboux.

Lorsque $f = 0$ est d'ordre supérieur à 2, en général une théorie analogue ne s'applique plus; il existe cependant une classe particulière d'équations de chaque ordre supérieur à 2 desquelles on peut dire qu'elles se comportent comme l'équation de Laplace; nous n'indiquons les résultats que pour le troisième ordre, la généralisation étant immédiate.

III. Soit l'équation [1]

$$\gamma + es + ft + gp + lq + hz = 0. \tag{3}$$

On trouve deux catégories de transformations du premier ordre

$$z' = q + \lambda z,$$

qui, appliquées à (3), lui font correspondre en général une équation du troisième ordre, de même nature d'ailleurs :

---

(1) Équation à « caractéristiques complètes » d'après M[me] L. Pisati (*Rendic. Circ. mat. Palermo*, t. 20, 1905, p. 364); à caractéristiques $Y_{2,2}$, d'après la classification de Sannia (*Memorie d. R. Accad. Sc. di Torino*, 2e série, t. 44, n° 13).

1° λ est une solution de l'équation de Riccati [1]

$$\frac{\partial \lambda}{\partial y} - \lambda^2 + e\lambda - g = 0; \tag{4}$$

2° $\lambda = -\frac{q_1}{z_1}$, z_1 étant une solution quelconque de (3).

Il peut se faire que la transformée en z' soit du deuxième ordre.

En combinant entre elles des transformations du premier ordre, on définit des transformations de la forme

$$z' = \lambda_n p_{n,0} + \lambda_{n-1} p_{n-1,0} + \ldots + \lambda z.$$

On montre que, si entre $n+1$ intégrales linéairement distinctes de (3), il existe une relation linéaire et homogène dont les coefficients ne dépendent que de la variable x, après $n+1$ applications au plus de transformations du premier ordre de la première catégorie, on obtient une transformée du deuxième ordre.

Plus généralement, soit l'équation

$$\begin{aligned} F(z) = \lambda z + \lambda_1 p_{0,1} + \ldots + \lambda_n p_{0,n} + \mu_1 p_{1,0} + \mu_2 p_{2,0} + \ldots + \mu_{m-1} p_{m-1,0} \\ + \nu_1 p_{1,1} + \nu_2 p_{2,1} + \ldots + \nu_{m-1} p_{m-1,1} = 0 \qquad (m \neq n). \end{aligned} \tag{5}$$

Si les équations (3) et (5) sont conjointes, le nombre des dérivées paramétriques du système B^r correspondant est au plus égal à $2m+n-2$; il est égal à ce nombre si, selon que m est supérieur ou inférieur à n, $-\frac{\mu_{m-1}}{\nu_{m-1}}$ ou $\frac{\lambda_{n-1}}{\lambda_n}$ ne satisfait pas à (4); dans le cas contraire, le nombre considéré est, en général, égal à $2m+n-3$. Connaissant $2m+n-2$ solutions de (3) linéairement distinctes, on peut déterminer les λ, μ, ν pour que (5) les admette également comme solutions; la transformation $z' = F$ fait correspondre à (3) une seule équation ; si l'on ne connaît que $2m+n-3$ solutions de (3), on choisit, par exemple, $-\frac{\mu_{m-1}}{\nu_{m-1}}$ parmi les solutions de (4) et l'on déterminera ensuite les autres rapports (en prenant $n < m$).

Pour la détermination de z au moyen de z', on est ramené à l'étude de la méthode de la variation des constantes qui s'applique à l'équation (3) comme à l'équation du deuxième ordre.

---

(1) M. Le Roux (*Bull. Soc. math. Fr.*, t. 27, 1899, p. 237) a envisagé, dans le cas général, des transformations de cette nature; Mme L. Pisati a montré que dans le cas particulier envisagé ici, à (3) correspond une seule équation.

OPTIQUE. — *Prédétermination expérimentale en laboratoire de la caractéristique d'un phare à l'horizon.* Note (¹) de M. **Jean Rey**, présentée par M. A. Blondel.

Dans une précédente Note (²), j'ai fait connaître les principales données de construction du phare à miroirs tournants de La Galite et l'intensité photométrique de cet appareil; je crois intéressant d'indiquer également la méthode qui a été employée pour en rechercher les portées avant de le mettre en service.

Pour calculer la portée, il est nécessaire de prédéterminer la caractéristique du feu à l'horizon, c'est-à-dire la répartition de l'intensité lumineuse dans le plan horizontal.

Cette mesure a pu être effectuée en laboratoire à l'aide d'un véritable crible lumineux constitué par une série de plaques métalliques verticales percées de trous en quinconces, de petit diamètre, rigoureusement calibrés et alignés sur des droites parallèles et horizontales.

En plaçant chaque réflecteur, éclairé par la source lumineuse, devant ce crible, on peut recueillir sur un écran les rayons lumineux parallèles, triant ainsi ceux qui, seuls, peuvent atteindre l'horizon. Puis, en faisant tourner le réflecteur devant l'appareil, on arrive ainsi à délimiter exactement, pour chaque position angulaire, la région active du miroir dans cette direction.

La figure 1 donne la caractéristique telle qu'elle a été mesurée sur l'un des réflecteurs. Les ordonnées représentent la valeur de l'intensité lumineuse en pour 100 de l'intensité maxima du faisceau. Les abscisses représentent la largeur du faisceau comptée en degrés et qu'on peut facilement traduire en temps, connaissant la vitesse angulaire. Cette caractéristique n'est pas symétrique, mais elle correspond bien à celles à laquelle conduit un calcul théorique assez laborieux et que je ne reproduis pas ici. Sa forme ramassée, plutôt rectangulaire, est particulièrement favorable à la visibilité aux grandes portées.

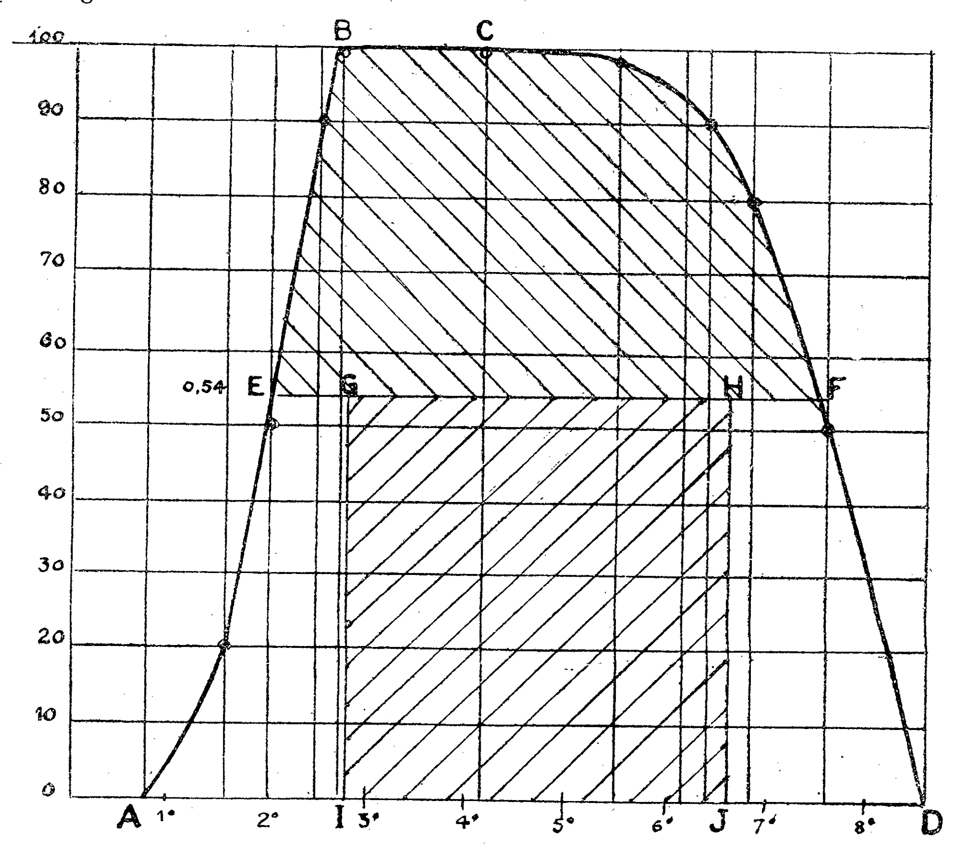
En appliquant à cette caractéristique la loi Blondel-Rey et en procédant par approximations successives, il est facile, à l'aide d'une méthode que nous avons indiquée précédemment, M. Blondel et moi (³), de construire un rectangle IGHJ, ayant pour base la constante a, et dont l'ordonnée est

(¹) Séance du 15 septembre 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 471.

(³) A. Blondel et J. Rey, *Sur la perception des lumières brèves à la limite de leur portée* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 154), et Mémoire publié dans le

telle que la surface de ce rectangle est égale à l'aire EBCF; cette ordonnée représente alors l'intensité qui produit l'impression rétinienne à la limite de portée, à condition que l'œil puisse fixer le feu pendant un temps très prolongé.



On trouve ainsi que le feu fixe équivalent au phare de la Galite a une ordonnée F_0 égale à 0,54 pour 100 de l'ordonnée F_{max} correspondant à la puissance maxima.

J'ai indiqué précédemment [1] que la valeur de ce feu fixe correspondait à une perception infinie qui, en pratique, n'est pas possible pour l'œil humain; la mobilité de l'œil ne permet pas de fixer l'horizon pendant plus de 0,4 seconde environ, ce qui correspond à un feu équivalent ayant

Journal de Physique, juillet-août 1911. — Voir aussi sur le même sujet : A. BLONDEL, *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 587; A. BLONDEL et J. REY, *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 861, et *La Lumière électrique*, 15 juillet 1916.

(1) J. REY, *Nouveau système de phares à réflecteurs métalliques*, Paris, 1913, p. 84 et suiv.

comme valeur $F'_0 = 1,5$ de la valeur du feu fixe; on a donc ici :

$$F'_0 = 1,5\ F_0 = 1,5 \times 0,54\ F_{max} = 0,81\ F_{max}.$$

Intensité pratique du feu. — La surface apparente ou section droite de chaque faisceau est, dans le phare de La Galite, de 9940^{cm^2}. L'éclat de la source lumineuse, manchon incandescent par la vapeur de pétrole, de 85^{mm} de diamètre, a été trouvé égal à 32,8 bougies par centimètre carré.

Le rendement des surfaces métalliques dorées, mesurées à l'aide du réflectomètre, présente une valeur moyenne de 0,85 pour la source considérée.

La puissance maxima du feu F_{max} est donc de

$$9940^{cm^2} \times 32^{b},5 \times 0,85 = 277\,000 \text{ bougies.}$$

Les pertes dues aux occultations sont de 7 pour 100 pour l'appareil optique, de 12 pour 100 pour la lanterne, et la perte d'absorption par les glaces atteint en moyenne 10 pour 100. Le coefficient de rendement est donc de $0,81 \times 0,90 = 0,729$, et la puissance réelle du faisceau, au sortir de la lanterne, est donc de $277000 \times 0,729 = 202000$ bougies. La valeur du feu équivalent perçu pendant une durée de 0,4 seconde environ, atteint, par suite, $202000 \times 0,81 = 163500$ bougies. C'est là la puissance pratique du feu de La Galite, d'après laquelle on peut calculer la portée.

En résumé, à côté des méthodes précises indiquées par l'Administration française des Phares pour la détermination expérimentale de la caractéristique lumineuse des optiques en verre, et qui sont dues aux travaux de M. Ribière, directeur de ce Service, la méthode que je viens d'indiquer, combinée avec la loi de perception des éclats rapides, permet de fixer à l'avance la portée d'un feu avec une approximation qui paraît suffisante pour les besoins de la navigation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure stannique sur le sulfate diméthylique.* Note de MM. **Ch. Boulin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'action des chlorures et bromures alcalins sur le sulfate diméthylique comporte deux phases successives [1]: dans la première, du gaz chlorure de méthyle se dégage et il se produit un méthylsulfate alcalin; dans la seconde phase, qui chevauche la première, le méthylsulfate se décompose en pro-

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 435-437.

duisant un nouveau dégagement gazeux constitué cette fois par de l'oxyde de méthyle.

L'action du chlorure stannique comporte également deux phases chevauchant également l'une sur l'autre, mais ces deux phases comportent le dégagement d'un gaz unique, le chlorure de méthyle; si l'on a pu reconnaître la présence d'une petite quantité d'oxyde de méthyle, sa mesure a montré qu'elle était trop faible pour qu'on puisse en faire état.

I. La réaction peut se produire dès la température ordinaire; mais alors elle est très lente. Sa vitesse à froid est tellement réduite que le mélange des deux liquides peut être séparé en ses constituants, par distillation fractionnée sous pression réduite.

Un mélange de 48^g de chlorure stannique et 52^g de sulfate diméthylique soumis peu de jours après sa confection à la distillation sous pression réduite a restitué après fractionnement respectivement 43^g et 49^g de ses constituants. Un autre mélange de $26^g,5$ de chlorure stannique et $156^g,5$ de sulfate diméthylique a été résolu en ses constituants : 19^g et 147^g respectivement.

La réaction mutuelle des deux substances est donc assez lente à la température ordinaire. Pour être complète la réaction dure plusieurs semaines et peut se formuler

$$SnCl^4 + 2SO^2\begin{cases}OCH^3\\OCH^3\end{cases} = 2CH^3Cl + SnCl^2\begin{cases}OSO^2(OCH^3)\\OSO^2(OCH^3).\end{cases}$$

La moitié du chlore du chlorure stannique est libérée en même temps que la moitié des groupes méthylés du sulfate sous forme de chlorure de méthyle et il reste un solide blanc amorphe, le méthylsulfate de chlorostannyle.

Un mélange des deux substances fut abandonné à la température ordinaire dans un flacon bouché à l'émeri; au bout d'un mois on pouvait constater un léger dépôt blanc sur le fond et les parois du flacon; au bout de deux mois le contenu du flacon était entièrement pris en masse sous forme d'un solide blanc amorphe. A l'ouverture du flacon, le bouchon fut projeté violemment par l'effet de la pression gazeuse intérieure du chlorure de méthyle.

Le solide blanc traité par la potasse aqueuse se comporte comme l'indique la formule

$$SnCl^2\begin{cases}OSO^2(OCH^3)\\OSO^2(OCH^3)\end{cases} + 4KOH = Sn(OH)^4 + 2KCl + 2SO^2\begin{cases}OCH^3\\OK.\end{cases}$$

Cette réaction a été utilisée à l'analyse pour laquelle on a déterminé volumétriquement l'acidité et le chlore, gravimétriquement l'étain sous

forme d'oxyde stannique et par volumétrie gazeuse le carbone sous forme de gaz carbonique libéré par oxydation sulfo-chromique.

II. Si au lieu de laisser la réaction se poursuivre à froid on fait intervenir l'action de la chaleur, la réaction ne se limite pas à la formation de méthylsulfate de chlorostannyle; celui-ci subit à son tour une décomposition plus profonde; le chlore s'élimine complètement sous forme de chlorure de méthyle et, si l'on élève la température jusqu'à 200°, il ne reste finalement qu'un résidu solide amorphe de sulfate stannique

$$SnCl^2\begin{cases}OSO^2(OCH^3)\\OSO^2(OCH^3)\end{cases} = 2CH^3Cl + (SO^4)^2Sn.$$

La réaction du chlorure stannique sur le sulfate diméthylique se déclanche vivement à la température d'ébullition du chlorure stannique (114°) et elle s'accompagne d'un abondant dégagement gazeux. En quelques minutes, le mélange liquide du ballon s'épaissit, se boursoufle et se transforme finalement en un solide blanc amorphe. Si la température ne dépasse pas 120°, ce que l'on observe, c'est une réaction complexe procédant de la superposition des deux réactions signalées plus haut.

L'emploi d'un excès de sulfate diméthylique ne modifie pas qualitativement le phénomène; mais il semble favoriser la seconde réaction, c'est-à-dire la formation de sulfate stannique par rapport à celle du méthylsulfate de chlorostannyle, autrement dit l'élimination plus prononcée du chlorure de méthyle. On constate en même temps, par combustion eudiométrique du mélange gazeux, l'apparition d'une petite quantité d'oxyde de méthyle, prévue d'ailleurs par l'étude du bilan analytique de la réaction.

Remarque. — Cette méthode conduit au sulfate stannique sans élévation excessive de température; à côté de ce sel ne se produit rien autre que le gaz chlorure de méthyle et l'emploi d'un excès de sulfate diméthylique n'est pas à redouter puisque sous pression réduite il est volatil au-dessous de 100°. Il est permis de supposer, au risque d'être contredit par les faits, que cette méthode pourrait être appliquée à l'obtention générale des sulfates des métaux multivalents (ceux de sesquioxyde par exemple) sous un état physique propre à une étude dont les remarquables recherches de M. Recoura ont montré la complexité.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 OCTOBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilisation de l'acroléine.* I. *Les modes d'altération spontanée de l'acroléine.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse**.

On sait que l'acroléine est une substance chimique très instable : abandonnée à elle-même, sans les précautions qui seront indiquées ultérieurement, elle subit des modifications qui ne tardent pas à la détruire irrémédiablement.

Bien que ces modifications aient été déjà signalées par divers auteurs, nous jugeons utile d'en donner une description succincte; les nombreuses expériences que nous avons effectuées sur ce sujet nous ont, en effet, permis de classer les faits déjà connus, d'élucider quelques points obscurs et d'apporter un certain nombre d'observations nouvelles. Cet exposé aura, en outre, l'avantage de préciser les données du problème que nous nous proposons de résoudre : la stabilisation de l'acroléine.

Nous estimons que les modes d'altération spontanée de l'acroléine peuvent se ramener pratiquement à deux : A. Transformation en résine insoluble; B. Transformation en résine soluble.

A. Transformation en résine soluble (disacryle). — *Description du phénomène.* — Quand on rectifie *avec soin* un échantillon d'acroléine sèche, on obtient un liquide parfaitement limpide. Mais, au bout d'un temps variant de quelques minutes à quelques heures, on voit apparaître un trouble, puis un précipité blanc, auquel Redtenbacher [1], le premier auteur qui l'ait

---

[1] *Lieb. Ann.*, t. 47, 1843, p. 141.

observé, donna le nom de *disacryle*. Peu à peu le précipité devient plus abondant, plus compact, et il envahit toute la masse liquide. Le phénomène se poursuit ainsi jusqu'à la disparition complète de l'acroléine.

Il est curieux de constater que, bien que la transformation du liquide en disacryle se produise avec contraction, tous les récipients de verre où sont faites les observations se trouvent brisés tôt ou tard, quelle que soit leur épaisseur, comme si l'évolution du phénomène entraînait une dilatation ou un foisonnement. On remarque, en outre, que les morceaux du récipient brisé continuent à se fragmenter tant que le disacryle qui leur est adhérent se trouve imprégné d'acroléine. On trouvera plus loin l'explication que nous proposons pour cette étrange particularité.

Propriétés du disacryle. — Au début de son apparition, le disacryle se présente tantôt sous la forme de flocons légers, tantôt sous celle d'une poussière dense ténue, qui se rassemble au fond du récipient et prend l'aspect au microscope d'un amas de petites sphères transparentes. Vers la fin de la transformation, il est constitué par une masse légère ayant parfois une contexture fibreuse, douce au toucher et se laissant pulvériser entre les doigts. On l'obtient aussi parfois en masses concrétionnées brillantes, dures, élastiques, rappelant l'ivoire : ce dernier aspect s'observe toujours sur les parties en contact avec la surface du verre, mais sur une faible épaisseur.

Sans odeur ni saveur, le disacryle paraît être insoluble dans tous les solvants neutres. Lorsqu'il est de formation récente, il est un peu soluble dans l'acide nitrique concentré; un excès d'eau, ajouté à la liqueur, précipite un produit blanc, que nous n'avons pas étudié. Soumis à l'action de la chaleur, il subit la destruction pyrogénée, avec formation de goudron et de résidu charbonneux; on n'observe pas de fusion.

Nous n'avons pas réussi à effectuer le retour inverse du disacryle à l'acroléine.

Il n'est attaqué que très lentement à froid par les réactifs les plus violents, tels que l'acide sulfurique concentré, le mélange chromique, l'acide nitrique fumant et les alcalis caustiques.

Cause du phénomène. — La transformation en disacryle paraît être une modification réellement spontanée de l'*acroléine pure*. Quel que soit, en effet, le soin que nous ayons apporté à la purification de l'acroléine, nous ne sommes jamais parvenus à éviter la production du disacryle. Voici, à titre d'exemple, l'une des méthodes de purification que nous avons utilisées.

Un volume de 6^l d'acroléine était soumis à une série de trois rectifications dans un appareil muni d'une colonne de Vigreux de 50^{cm} de long. Chaque rectification était précédée d'un lavage avec une solution de bicarbonate de soude, puis d'une dessiccation sur le chlorure de calcium fondu. Les distillations étaient conduites très lentement, et l'on rejetait chaque fois le premier et le dernier quart; la portion principale seule était donc soumise aux traitements ultérieurs. Pendant chacune de ces distillations, le thermomètre ne variait pas de plus d'un demi-degré. Finalement, on obtenait ainsi un demi-litre environ d'acroléine *très pure*. Un semblable échantillon ne restait

jamais limpide pendant plus de douze heures, et la transformation en disacryle se poursuivait par la suite sans arrêt.

Le même résultat a toujours été obtenu quelle qu'ait été l'origine de l'acroléine étudiée.

Vitesse d'évolution du phénomène. — La vitesse de transformation de l'acroléine en disacryle est extrêmement variable. Nous allons passer en revue les facteurs principaux qui peuvent modifier cette vitesse : *a*. Impuretés; *b*. Chaleur; *c*. Lumière.

a. Influence des impuretés. — Au cours de la préparation classique de l'acroléine (déshydratation de la glycérine par le bisulfate de potasse), il y a production d'une petite quantité de substances qui possèdent la propriété de favoriser la formation du disacryle. Ces substances, dont nous ignorons encore la nature, sont relativement volatiles, ou facilement entraînables par la vapeur d'acroléine sèche. On constate, en effet, que l'acroléine brute, distillée sans rectification, s'altère incomparablement plus vite qu'une acroléine purifiée avec les soins indiqués ci-dessus. C'est ainsi que l'un de nos échantillons très purs, conservé dans une armoire obscure pendant un an, n'était transformé que pour une proportion relativement faible, ne dépassant pas 20 pour 100 [1]; alors qu'à plusieurs reprises nous avons observé, en quelques semaines, la prise totale en masses d'échantillons préparés par simple distillation de l'acroléine brute.

b. Influence de la chaleur. — Cette influence est des plus nettes : elle accélère la formation du disacryle. On peut mettre le fait en évidence par les deux expériences suivantes : 1° Une acroléine récemment distillée et limpide est répartie en trois tubes : l'un d'eux est laissé comme témoin à la température ambiante, le second est maintenu dans la glacière, et le troisième est porté dans une étuve réglée à 40°; on constate que le contenu du dernier tube se trouble généralement en moins d'une heure, tandis que le témoin peut rester limpide une dizaine d'heures et le liquide de la glacière deux jours; 2° on décante la partie liquide d'un échantillon en voie de transformation et l'on en fait deux parts : l'une d'elles est distillée sous pression réduite à une température voisine de 0° : on ne recueille qu'un résidu insignifiant; l'autre portion est distillée à la pression normale, ce qui la maintient pendant quelque temps à une température voisine de 60°;

---

(1) Le flacon s'est brisé dans la suite, subissant le sort de ceux où l'on conserve de l'acroléine en voie de transformation en disacryle.

on obtient dans ce cas un résidu très volumineux de disacryle, qui rend même difficile la dernière partie de la distillation.

c. Influence de la lumière. — L'influence accélératrice de la lumière est déjà indiquée par la localisation des premiers flocons dans la partie des vases de verre exposée au plus fort éclairement. On peut la mettre nettement en évidence en exposant un tube d'acroléine à la lumière solaire : on constate que la transformation est beaucoup plus rapide que dans un tube témoin conservé à l'obscurité.

Ce phénomène nous a suggéré une explication des ruptures de flacons dont nous avons déjà parlé. Pendant la durée de la transformation, le disacryle se formera toujours d'une manière plus active, à cause de leur éclairement plus intense, dans les parties du liquide en contact avec le verre. Dans ces conditions, on conçoit que l'acroléine mouillant constamment par capillarité la surface du verre, le disacryle s'accumulera en se comprimant de plus en plus et formera, au contact des parois du récipient, cette couche mince, mais très dure, que nous avons précédemment signalée. Il suffira alors d'une légère variation de la température pour que la différence des dilatations entraîne la rupture du verre. Comme confirmation de ce point de vue, il est à remarquer que rien de semblable ne s'est jamais produit quand l'acroléine a été enfermée dans des récipients métalliques, même peu résistants : la paroi de métal interceptant l'accès de la lumière, le disacryle se forme régulièrement dans toute la masse du liquide.

B. Transformation en résine soluble (altération visqueuse). — *Description du phénomène.* — Quand l'acroléine subit l'altération que nous désignons sous le nom de transformation en résine soluble, on n'observe tout d'abord aucun changement dans l'aspect du liquide qui s'altère, car sa limpidité reste parfaite. On ne peut déceler ce genre d'altération que par la mesure de la densité, dont on constate l'accroissement, ou par la détermination du résidu poisseux qu'abandonne le produit à l'évaporation. Mais quand la proportion de résine augmente, le liquide perd de sa fluidité, et il devient de plus en plus sirupeux au fur et à mesure que la transformation progresse : il passe par toutes les phases de la viscosité, pour aboutir finalement à l'état d'une masse transparente dure et cassante, qui conserve longtemps l'odeur caractéristique de l'acroléine.

Les deux processus d'altération (disacryle et résine soluble) ne paraissent pas pouvoir se produire simultanément dans la même liqueur. En revanche, suivant les circonstances, les deux genres de transformations peuvent se succéder; il n'est pas rare d'observer, au début, la formation du disacryle et, par la suite, la production de résine soluble, de telle sorte que la masse visqueuse est opacifiée par des flocons de disacryle.

Cette remarque doit mettre en garde contre une cause d'erreur commise parfois : du fait que certaines substances maintenaient limpide l'acroléine, on a conclu qu'elles jouissaient de propriétés stabilisantes; or, il ressort de nos expériences que le premier effet d'une substance qui détermine l'altération visqueuse de l'acroléine est de supprimer la transformation en disacryle.

Propriétés de la résine soluble. — C'est une matière très soluble dans les alcools, les aldéhydes, les cétones, les acides et les bases organiques, les éthers-sels, très peu soluble dans l'eau, les carbures d'hydrogène, les éthers-oxydes. Elle retient toujours fortement un peu d'acroléine, dont on ne la débarrasse pas complètement par chauffage à 100° dans le vide.

Cause du phénomène. — On a vu plus haut que la transformation en disacryle se produisait même dans l'acroléine très pure. Au contraire, la transformation en résine soluble n'a été observée que dans des acroléines impures. D'essais très nombreux que nous avons faits en vue de rechercher l'action des impuretés, il ressort qu'une multitude de composés sont susceptibles de déterminer l'altération visqueuse de l'acroléine. Nous citerons tout d'abord les bases libres, dont l'action est d'autant plus rapide que la base est plus énergique et plus soluble dans l'acroléine. Viennent ensuite les sels métalliques : la résinification est produite par un grand nombre de sels; la solubilité dans l'acroléine paraît ici encore jouer un rôle important quant à la vitesse du phénomène. Certains dérivés métalloïdiques peuvent agir comme les sels métalliques; nous citerons : l'hydrogène sulfuré [1], de nombreux composés organiques azotés, les chlorures d'arsenic, d'antimoine, de bismuth, d'étain.

Les transformations spontanées que l'on observe dans les laboratoires doivent être rapportées soit aux impuretés provenant de la préparation : produits sulfurés dérivés du plomb (quand on neutralise avec de l'oxyde de plomb), soit à l'alcalinité des récipients de verre (le verre pilé, même lavé aux acides, détermine une altération parfois rapide), soit aux vapeurs alcalines (gaz ammoniac, bases organiques).

Vitesse d'évolution du phénomène. — L'activité des substances si diverses que nous venons d'énumérer est extrêmement variable. Certains produits

---

[1] M. Lepape a signalé que l'anhydride sulfureux altérait très rapidement l'acroléine. L'action de l'acide sulfurique est tout autre : il se produit une réaction violente avec charbonnement de la masse.

agissent rapidement à des doses inférieures au millième, tandis que d'autres ont une action beaucoup plus lente, même à des concentrations supérieures au centième. On pourra donc observer toutes les gammes de vitesse, suivant la nature du réactif et sa concentration.

La chaleur semble accélérer la vitesse de la transformation. L'action de la lumière n'a pas été encore étudiée.

Conclusion. — L'étude des modes d'altération spontanée de l'acroléine est loin d'être complète, et nous la poursuivons activement. Mais l'exposé que nous venons de faire suffit à montrer dans quelles voies on devra diriger ses efforts pour parvenir à réaliser la stabilisation de l'acroléine : 1° on ajoutera à ce liquide un corps doué de propriétés stabilisantes contre la formation du disacryle; 2° on éliminera avec soin toutes les impuretés susceptibles de déterminer l'altération visqueuse.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une collection de peintures de nuages.* Note de M. **R. Bourgeois.**

L'observation et la prévision de la nébulosité doivent (nature, quantité et niveau des nuages et brumes) constituer une partie importante du travail des météorologistes de l'Aéronautique.

Pour décrire avec précision l'état du Ciel, il n'est pas suffisant de donner des définitions précises des diverses formes de nuages, il est indispensable d'accompagner ces définitions d'illustrations fidèles qui évitent toute confusion en montrant aux yeux les plus petits détails que la parole ne traduit pas.

Un premier effort en ce sens a été fait par *l'Atlas international des nuages* qui contient des définitions des grandes classes de nuages sur lesquels les météorologistes des diverses nations se sont mis d'accord, accompagnées de photographies monochromes.

Le Service météorologique militaire a conservé les termes de cette classification universellement admise. Mais, dans le but de donner satisfaction aux besoins de l'aviation, il a été amené à multiplier la documentation par l'image [surtout pour les variétés de nuages que redoutent les avions (grains et orages)], à préciser cette documentation en remplaçant l'illustration monochrome par des illustrations en couleurs et à rendre uniforme la description du Ciel, pour les postes du Service, en remettant

à chaque observateur une reproduction fidèle de toutes ces images polychromes.

Le document original se compose de peintures à l'huile exécutées toutes d'après nature.

Ce genre de documents ne possède la fidélité suffisante à une bonne utilisation technique que si le peintre a été doublé, quel que soit son talent, par un météorologiste chargé d'attirer son attention sur les sujets à choisir et les particularités de formes et de couleurs à mettre en évidence. Toutes les précautions nécessaires ont été prises à cet effet. Les peintures ont été exécutées de mai à novembre 1918, par le peintre Alliot, sous la direction du capitaine Schereschewsky, chef du Service météorologique aux Armées. Elles sont au nombre de 155.

La diffusion de ces peintures a nécessité une deuxième étude : celle de la reproduction de ces tableaux en couleur avec une fidélité de coloris qui est inutile dans les travaux ordinaires.

MÉCANIQUE. — *Sur les rotations très rapides.* Note de M. Maurice Leblanc.

Lorsqu'un rotor tourne très rapidement et est assujetti à le faire autour de son axe de figure, il exerce de vives réactions sur ses points d'appui, s'il n'est pas très bien équilibré.

On peut les éviter en rendant son axe flexible, ce qui lui permet de choisir son axe de rotation, mais il faut que la flèche de l'arbre demeure toujours très petite.

Nous allons chercher comment elle varie avec la vitesse et le balourd du rotor, quelle peut être sa valeur minima, pendant la marche normale, et ce qu'il faut faire pour qu'elle ne dépasse jamais une valeur déterminée au moment de la mise en marche ou de l'arrêt du rotor.

Le rotor se composera d'une masse indéformable, dans laquelle s'encastreront deux bouts d'arbre flexibles, le long de deux plans normaux à l'axe de la machine.

Cet axe rencontrera ces deux plans en des points O et O'. L'axe de figure du rotor en des points C et C' et l'axe principal d'inertie, qui sera toujours très voisin de l'axe CC', en des points G et G'. Nous pourrons substituer au rotor deux masses m et m' concentrées aux points G et G'.

Considérons les points O, C et G de l'un de ces plans. La figure 1 est

tracée sur lui. Nous allons chercher comment varieront les distances des points C et G au point O, avec la vitesse du rotor.

Ox et Oy sont deux axes rectangulaires fixes, x et y les coordonnées du

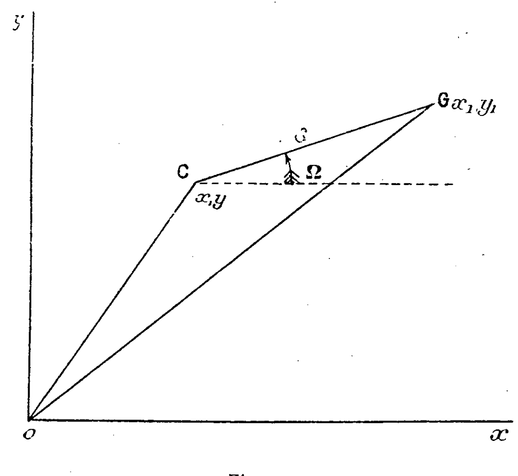


Fig. 1.

point C, x_1 et y_1 celles du point G, par rapport à ces axes. La distance CG = δ est constante.

Si nous désignons par k un coefficient d'élasticité, la force de rappel, exercée par les bouts d'arbre sur le point C et qui a la direction CO, a pour composantes $-kx$ et $-ky$.

En général, le centre de figure C ne peut se déplacer sans avoir à surmonter une certaine résistance. Une force lui est appliquée, de direction opposée à celle de sa vitesse et que nous supposons proportionnelle à celle-ci.

Soit q un coefficient d'amortissement: les composantes de cette force sont

$$-q\frac{dx}{dt} \quad \text{et} \quad -q\frac{dy}{dt}.$$

Les composantes de la force d'inertie de la masse m, concentrée au point G, sont

$$-m\frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{et} \quad -m\frac{d^2y}{dt^2}.$$

Nous n'aurons pas d'autres forces à considérer.

Les sommes de leurs composantes suivant les axes Ox et Oy doivent

être séparément nulles à chaque instant, d'où les conditions

$$-m\frac{d^2x_1}{dt^2}-q\frac{dx}{dt}-kx=0, \qquad -m\frac{d^2y_1}{dt^2}-q\frac{dy}{dt}-ky=0.$$

Ces forces produisent également un couple dans le plan de la figure. Il s'ajoute à ceux déjà développés sur le rotor, dans des plans parallèles, et s'équilibre avec eux. Nous n'avons pas à nous en préoccuper.

Sous l'influence de ces couples, le rotor prend un mouvement de rotation et l'angle Ω, que fait la droite CG avec l'axe Ox, est une fonction du temps.

Nous avons à chaque instant

$$x_1=x+\delta\cos\Omega, \qquad y_1=y+\delta\sin\Omega,$$

d'où

$$\frac{d^2x_1}{dt^2}=\frac{d^2x}{dt^2}-\delta\left[\frac{d\Omega}{dt}\right]^2\cos\Omega-\delta\left[\frac{d^2\Omega}{dt^2}\right]\sin\Omega,$$

$$\frac{d^2y_1}{dt^2}=\frac{d^2y}{dt^2}-\delta\left[\frac{d\Omega}{dt}\right]^2\sin\Omega+\delta\left[\frac{d^2\Omega}{dt^2}\right]\cos\Omega.$$

Les équations différentielles précédentes deviennent

$$(1)\qquad m\frac{d^2x}{dt^2}+q\frac{dx}{dt}+kx=\delta m\left\{\left[\frac{d\Omega}{dt}\right]^2\cos\Omega+\frac{d^2\Omega}{dt^2}\sin\Omega\right\},$$

$$(2)\qquad m\frac{d^2y}{dt^2}+q\frac{dy}{dt}+ky=\delta m\left\{\left[\frac{d\Omega}{dt}\right]^2\sin\Omega-\frac{d^2\Omega}{dt^2}\cos\Omega\right\}.$$

Désignons par :

A et B deux constantes arbitraires;

β une vitesse angulaire;

r une élongation;

φ un angle, et posons :

$$\beta=\sqrt{\frac{k}{m}-\frac{q^2}{4m^2}}, \qquad r=\delta m\frac{\sqrt{\left(\frac{d\Omega}{dt}\right)^4+\left(\frac{d^2\Omega}{dt^2}\right)^2}}{\sqrt{\left[k-m\left(\frac{d\Omega}{dt}\right)^2\right]^2+\left[q\frac{d\Omega}{dt}-m\frac{d^2\Omega}{dt^2}\right]^2}},$$

$$\tan g\,\varphi=\frac{\frac{d^2\Omega}{dt^2}\left[k-m\left(\frac{d\Omega}{dt}\right)^2\right]+\left(\frac{d\Omega}{dt}\right)^2\left[q\frac{d\Omega}{dt}-m\frac{d^2\Omega}{dt^2}\right]}{-\left(\frac{d\Omega}{dt}\right)^2\left[k-m\left(\frac{d\Omega}{dt}\right)^2\right]+\frac{d^2\Omega}{dt^2}\left[q\frac{d\Omega}{dt}-m\frac{d^2\Omega}{dt^2}\right]}.$$

Les équations (1) et (2) ont pour solution générale

$$x=e^{-\frac{q}{2m}t}[A\cos\beta t+B\sin\beta t]+r\cos[\Omega+\varphi],$$

$$y=e^{-\frac{q}{2m}t}[A\sin\beta t-B\cos\beta t]+r\sin[\Omega+\varphi].$$

Supposons d'abord que la vitesse croisse assez lentement, au moment de la mise en marche, pour qu'on puisse considérer comme nulle l'accélération $\frac{d^2\Omega}{dt^2}$. Posons $\frac{d\Omega}{dt}=\omega$ et désignons par α la vitesse $\sqrt{\frac{k}{m}}$ habituellement appelée *vitesse critique*. Il vient

$$r=\frac{m\omega^2\delta}{\sqrt{m^2(\alpha^2-\omega^2)^2+q^2\omega^2}},\qquad \tang\varphi=\frac{-q\omega}{m(\alpha^2-\omega^2)}.$$

Si la vitesse ω demeure constante pendant un temps assez long, les termes en exponentielle s'amortissent, et le point C décrit, avec la vitesse ω, une circonférence de rayon r, autour du point O, dans un plan normal à l'axe de la machine.

La flèche du bout d'arbre aboutissant au point C est égale à r. Si la vitesse normale U de la machine est grande par rapport à la vitesse critique α et si le coefficient d'amortissement q est petit par rapport au produit mU, ce qui sera toujours : une fois la machine en pleine marche, la flèche sera très sensiblement égale à δ.

Ce sera sa valeur minima pendant la marche normale. Si le rotor est indéformable, un équilibrage préalable permettra de rendre très faible l'excentration δ, dont l'ordre de grandeur sera le dixième de millimètre.

La réaction du bout d'arbre sur son coussinet sera égale à $k\delta=m\alpha^2\delta$. Les choses se passeront comme si ce bout d'arbre était rigide, mais ne tournait qu'avec la vitesse critique α, au lieu de la vitesse U. Il y aura donc intérêt à rendre la vitesse critique aussi basse que possible, en donnant une grande flexibilité aux bouts d'arbre.

Nous aurons alors très sensiblement $\varphi=0$, d'où

$$x=\delta\cos\Omega,\qquad y=\delta\sin\Omega,$$

d'où $x_1=y_1=0$. La rotation se fera donc autour de l'axe principal d'inertie GG', qui se confondra avec l'axe OO' de la machine.

Mais la flèche r passe par un maximum au moment où la vitesse ω devient égale à la vitesse critique α. Ce maximum est égal à $r_1=\delta\frac{m\alpha}{q}$.

Pour qu'elle ne prenne pas une valeur dangereuse, à ce moment, il faut que le coefficient q soit du même ordre de grandeur que le produit $m\alpha$.

Or l'amortissement naturel est toujours très petit, non seulement par rapport au produit mU, mais aussi par rapport au produit $m\alpha$.

Donc, si l'on veut pouvoir faire varier très lentement la vitesse de la machine, au moment de sa mise en route ou de son arrêt, il est nécessaire

de créer des forces d'amortissement artificielles. Cela est possible, mais entraîne une complication.

Supposons maintenant négligeable le coefficient d'amortissement q et lançons la machine en donnant à l'accélération $\frac{d^2\Omega}{dt^2}$ une valeur constante b, que nous nous efforcerons de faire très grande. Posons encore $\frac{d\Omega}{dt} = \omega$. Nous avons alors

$$r = \delta \frac{\sqrt{\omega^4 + b^2}}{\sqrt{(\alpha^2 - \omega^2) + b^2}} \qquad \varphi = 0.$$

Écrivons $\frac{dr}{d\omega} = 0$, il en résulte $\omega^2 = \frac{\alpha^2 \pm \sqrt{\alpha^4 + 4b^2}}{2}$.

Désignons par n un nombre et posons $b = \frac{\alpha^2}{n}$, d'où $\omega^2 = \alpha^2 \frac{n \pm \sqrt{n^2+4}}{2n}$.

Si nous portons ces valeurs de ω^2 dans l'expression du rayon r, elle devient

$$r = \delta \frac{\sqrt{n^2 + 4 \pm n\sqrt{n^2+4}}}{\sqrt{n^2 + 4 \mp n\sqrt{n^2+4}}}.$$

La valeur maxima r_1 du rayon r est

$$r_1 = \delta \frac{\sqrt{n^2 + 4 + n\sqrt{n^2+4}}}{\sqrt{n^2 + 4 - n\sqrt{n^2+4}}}, \qquad \text{pour} \qquad \omega = \alpha \frac{n + \sqrt{n^2+4}}{2n}.$$

Faisons successivement n égal à 1, 2, 3, nous trouvons

n.	ω.	r_1.
1	1,618 α	1,62 δ
2	1,207 α	2,47 δ
3	1,101 α	3,30 δ

Mais nous devrions tenir compte aussi des termes en exponentielle des expressions des coordonnées x et y du point C, car ils ne s'amortiront pas sensiblement, pendant qu'on lancera la machine, puisque nous aurons supposé négligeable le coefficient d'amortissement q.

Désignons par C′ l'extrémité du rayon r, dont les coordonnées sont, à chaque instant : $x' = r\cos\Omega$ et $y' = r\sin\Omega$ (*fig.* 2). Le point C′ se déplace à mesure que le rayon r et l'angle Ω varient.

Le point C se trouve, à chaque instant, à l'extrémité d'un rayon

$\rho = e^{\frac{-q}{2m}t}\sqrt{A^2+B^2}$ partant du point C′ et dont la direction tourne autour du point O avec la vitesse β qui est égale à α, dans le cas actuel, puisque nous avons supposé négligeable le coefficient d'amortissement q. Il tourne dans

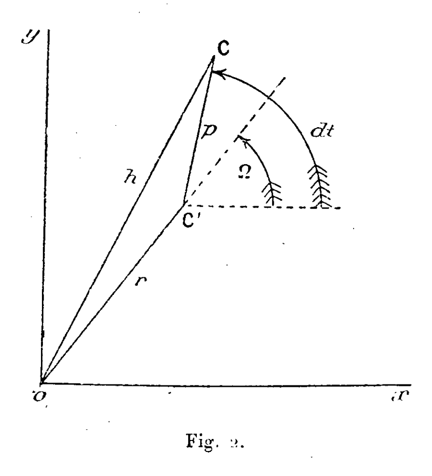


Fig. 2.

le sens où l'angle ω grandit. La véritable valeur de la flèche des bouts d'arbre est la distance $\overline{OC} = h$.

A l'époque zéro, le point C est en O et sa vitesse est nulle. Si nous désignons par r_0 la valeur du rayon r à cette époque, il faut nécessairement que le rayon ρ lui soit égal et dirigé suivant C′O. Or nous avons

$$r_0 = \delta\frac{b}{\sqrt{\alpha^n + b^2}} = \delta\frac{n}{\sqrt{1+n^2}},$$

d'où

$$\sqrt{A^2+B^2} = \delta\frac{n}{\sqrt{1+n^2}}.$$

Les valeurs du rayon ρ seront toujours plus petites que δ. La flèche h différera très peu de r_1 lorsque le rayon r passera par son maximum. Il n'est pas intéressant de calculer sa valeur exacte.

Pour que la flèche maxima des bouts d'arbre ne soit qu'un petit multiple de l'excentration δ, il faut que le nombre n soit voisin de 1.

Donc l'accélération communiquée au rotor doit être sensiblement égale au carré de la vitesse critique α. Cette condition sera d'autant plus facile à remplir que cette vitesse sera plus petite.

Il est à remarquer que la zone dangereuse, lorsque l'on fait varier lentement la vitesse, est peu étendue. Supposons en effet nuls l'amortisse-

ment et l'accélération : la flèche des bouts d'arbre redevient égale à 2δ, lorsque la vitesse atteint la valeur $\alpha\sqrt{2}$. Une fois celle-ci atteinte, il ne serait pas nécessaire de maintenir l'accélération très élevée, ce qui fatiguerait inutilement le moteur.

On devra donc faire démarrer très rapidement le rotor, mais modérer son accélération, dès qu'il aura fait quelques tours. De même il conviendra de le freiner dès qu'il sera sur le point de s'arrêter.

En résumé, il y a deux manières de franchir la vitesse critique d'un rotor monté sur un arbre flexible : 1° Opposer une force d'amortissement artificielle aux déplacements de son axe de figure ; 2° traverser très rapidement la zone dangereuse. La première est la plus sûre car elle ne demande aucun tour de main, mais elle oblige à disposer des coussinets spéciaux à l'endroit où les bouts d'arbre s'encastrent dans le rotor pour recevoir l'action des freins.

M. **Charles Moureu** présente, en ces termes, une étude qu'il vient de consacrer à Sir William Ramsay :

« Le 5 juin dernier, j'ai eu l'honneur de faire, devant la Société chimique de France, une Conférence intitulée : *Un grand chimiste, un grand Anglais : Sir William Ramsay*, où je me suis efforcé de faire revivre l'œuvre profondément originale et la puissante personnalité du chercheur génial, du novateur fécond et du hardi pionnier que fut notre illustre Confrère.

» Le nom de Ramsay évoque immédiatement, avec tout leur relief, deux découvertes capitales, en quelque mesure même paradoxales : d'une part, l'existence, dans l'air atmosphérique, d'une série de corps simples gazeux, que leur inertie chimique place comme en marge de la Chimie ; et, d'autre part, la production de l'un de ces gaz, l'hélium, par la désintégration spontanée de l'atome de radium. Deux ordres de faits essentiellement nouveaux et d'importance primordiale, dont la mise au jour n'était possible qu'à un investigateur de qualité supérieure, qui fût capable, par d'exceptionnelles aptitudes, naturelles ou acquises, de faire jaillir les larges étincelles dans les ténèbres de l'inconnu.

» La disparition prématurée de Ramsay est pour la Science une perte irréparable. Il servait et honorait l'Humanité, et il a jeté sur sa Patrie un incomparable éclat. Il fut grand, non seulement par son génie et son enthousiasme scientifique, mais aussi par l'élévation de son âme, éprise d'idéal, et par la grandeur de son caractère. La postérité placera très haut le nom de Ramsay. »

M. Charles Moureu fait hommage à l'Académie de la sixième édition de ses *Notions fondamentales de Chimie organique* et d'une brochure intitulée : *Un grand chimiste, un grand Anglais : Sir William Ramsay*.

CORRESPONDANCE.

Le Recteur, Directeur général de l'Instruction publique et des Beaux-Arts en Alsace et Lorraine, et les Administrateurs des diverses Facultés invitent l'Académie à se faire représenter aux fêtes de réinstallation de l'Université française qui auront lieu, à Strasbourg, les 21, 22, 23 novembre.

M. Guignard, président de l'Académie, et MM. Appell, Bourgeois, Haller, Haug, Moureu sont délégués par l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule 16 des *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthür. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Culture de l'huître perlière dans le golfe de Californie*, par Léon Diguet. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Ce qu'il faut penser de la baguette des sourciers*, par M. le Dr Marage. (Présenté par M. Y. Delage.)

4° *Précis d'Électricité théorique*, par Léon Bloch. (Présenté par M. P. Villard.)

M. J. Bondroit fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. E.-L. Bouvier, d'un Mémoire intitulé : *Les fourmis de France et de Belgique*, qui contient les résultats d'études exécutées à l'aide d'une subvention accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1916.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une famille de fonctions multiformes, intégrales d'une équation différentielle du premier ordre.* Note [1] de M. PIERRE BOUTROUX, transmise par M. Hadamard.

J'ai indiqué [2] comment l'étude des fonctions multiformes définies par

$$zz' = 3mz + 2x^3 + bx + c \tag{1}$$

conduit à considérer un ensemble de substitutions relatives au paramètre C_1 qui figure dans le développement

$$z = x^2 + mx + \textit{développ. en puiss. de } x^{-1} \textit{ et de } (C_1 + \gamma_1 \log x)x^{-2}, \tag{I}$$

représentant, pour $x = \infty$, l'une des deux familles (la *première famille*) de branches d'intégrales z. J'ai en outre construit, pour les grandes valeurs de $|C_1|$, les « branches de fonctions substitutrices », $\widehat{\psi}_1(C_1)$, etc. [3], qui engendrent le groupe *total* des substitutions considérées. Je vais compléter l'étude de ces branches et déterminer les singularités.

Les fonctions ψ_1 sont définies par des intégrales définies de la forme

$$\psi_1(C_1) = C_1 + 3m \int_\Gamma z\, dx. \tag{2}$$

Γ étant un contour fermé issu de $x = \infty$ et z l'intégrale de (1) qui, à l'origine du circuit, correspond à la valeur C_1 du paramètre. Pour les grandes valeurs de $|C_1|$ et pour la branche particulière $\widehat{\psi}_1(C_1)$ de ψ_1 sur laquelle nous fixons notre attention, Γ est un circuit enveloppant *deux* zéros (ou points critiques) de z. D'ailleurs, lorsque C_1 varie, ces deux points critiques se déplacent, et si l'on veut éviter que ces points, ou d'autres points quelconques de la branche z suivie, ne viennent à se trouver sur Γ, on devra faire subir à celui-ci une déformation continue. Or, dans ces conditions :

1° Lorsque C_1 varie d'une manière quelconque (à partir d'une valeur de grand module), le contour Γ ne devient jamais indéterminé;

2° Tant que ce contour peut être déformé de telle sorte que z soit holo-

---

[1] Séance du 29 septembre 1919.

[2] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1150 et 1307.

[3] Je conviens, lorsque je considère une *branche* particulière d'une fonction, de surmonter d'un accent circonflexe la lettre qui désigne la fonction.

morphe en tous ses points, la fonction ψ_1 définie par (2) est holomorphe;

3° Dans un cas seulement la déformation de Γ ne peut pas satisfaire à la condition ci-dessus : savoir lorsque le chemin Γ se trouve pincé entre deux points critiques de la branche suivie, qui viennent à coïncider [comme pour une période d'intégrale elliptique $\int \sqrt{P(x, C_1)}dx$ (P polynome en x du quatrième degré, C_1 paramètre) lorsque C_1 prend une valeur pour laquelle $P(x, C_1)$ a une racine double en x et qu'une racine préalablement située à l'extérieur du chemin d'intégration vient coïncider avec une racine située à l'intérieur]. D'ailleurs, en ce cas, les points critiques confondus coïncident nécessairement avec l'un des trois points singuliers transcendants de l'équation différentielle (1) [racines de $x^3 = bx + c$], et l'on constate que le chemin Γ ne peut se trouver *obligé* de traverser un de ces points [pour ([1]) $z = 0$] que dans les circonstances suivantes :

On sait que (sauf pour des valeurs exceptionnelles des coefficients m, b, c) l'équation (1) admet en l'un quelconque (α) de ses trois points transcendants deux branches d'intégrales particulières nulles et holomorphes, $R_{1\alpha}$ $R_{2\alpha}$. Il faudra, pour que Γ ait à traverser le point α, que l'intégrale z coïncide, au voisinage de ce point, soit avec $R_{1\alpha}$, soit avec $R_{2\alpha}$. Plus précisément, cette intégrale sautera de $R_{1\alpha}$ à $R_{2\alpha}$ (ou inversement) lorsque Γ passera par α. On déduit de là : 1° que les valeurs de C_1 pour lesquelles ceci se présente sont des valeurs isolées, C'_1; 2° que ces valeurs C'_1 sont (sauf pour des valeurs exceptionnelles de m, b, c) des singularités transcendantes de $\psi_1(C_1)$; 3° enfin, que l'effet d'une circulation de C_1 autour d'une singularité C'_1 est le suivant : appelons $\overline{C_1}$ une valeur voisine de C'_1 et $\overline{\Gamma}$ la figure correspondante du chemin d'intégration Γ; lorsque C_1, après avoir décrit un tour autour de C'_1, revient en $\overline{C_1}$, le chemin Γ revient à la figure $\overline{\Gamma}$ augmentée d'un petit cercle de centre α [exactement comme pour le chemin définissant une période de l'intégrale elliptique considérée plus haut lorsque C_1 tourne autour d'une valeur pour laquelle $P(x, C_1)$ a une racine double α : ledit chemin s'accroît d'un petit cercle enveloppant les deux racines de P voisines de α, en sorte que la période envisagée augmente de la valeur d'une *autre* période de l'intégrale].

Considérons, pour nous placer dans un cas simple, une équation (1) où m a un petit module (par rapport à $|c|$) et où $b = 0$. Posant $z^2 = Z$, et suivant

---

([1]) Rappelons que les singularités de z se présentent (seulement) aux points où $z = 0$.

une intégrale représentée au voisinage de $x=\infty$ par (I), nous avons

$$(3)\qquad Z=x^4+2cx+q+6m\int_\infty^x\sqrt{Z}\,dx,\qquad \text{où}\qquad q=2cm+5m^4+2C_1.$$

Pour q égal à une valeur $\overline{q}$ de grand module, $|C_1|$ est grand, et nous savons que la branche d'intégrale correspondante à quatre zéros $\overline{x_1}, \ldots, \overline{x_4}$, comparables aux racines de $x^4+\overline{q}$. Appelons $x_1, \ldots, x_4$ les zéros de Z qui varient à partir de $\overline{x_1}, \ldots, \overline{x_4}$ pour q variant sur les rayons issus de $\overline{q}$. Désignons, d'autre part, par $q'_\alpha, \ldots, q'_\gamma$ les trois valeurs de q pour lesquelles le polynome $P=x^4+2cx+q$ a une racine double coïncidant avec l'une des racines $\alpha, \ldots, \gamma$ de sa dérivée. Cela posé, si $m=0$, et si l'on a convenablement distribué les indices 1, ..., 4, on constate que les couples de points $(x_1, x_2), \ldots, (x_1, x_4)$ tendent respectivement, le premier vers α lorsque q tend vers $q'_\alpha, \ldots$, le troisième vers γ lorsque q tend vers q'_γ, tandis que les points $x_1, \ldots, x_4$ restent distincts de α, β, γ lorsque q (en ligne droite à partir de $\overline{q}$) tend vers toute autre valeur. Les choses se passent de la même manière pour m voisin de 0 et l'on en déduit ce qui suit en appelant $C_1^{(\alpha)}, \ldots, C_1^{(\gamma)}$ les valeurs de C_1 correspondant à $q=q'_\alpha, \ldots, q'_\gamma$:

Dans le plan C_1 *armé de trois coupures rectilignes joignant* $C_1^{(\alpha)}, \ldots, C_1^{(\gamma)}$ *à l'infini, considérons les trois branches de fonctions* $\widehat{\psi}_1(C_1), \ldots, \widehat{\psi}_3(C_1)$ *respectivement égales à* $C_1+3m\int_{\Gamma_{12}}\sqrt{Z}\,dx, \ldots, C_1+3m\int_{\Gamma_{14}}\sqrt{Z}\,dx$, *où* $\Gamma_{12}, \ldots, \Gamma_{14}$ *sont des circuits issus de* $x=\infty$ *et enveloppant respectivement les points* $(x_1, x_2), \ldots, (x_1, x_4)$. *Les branches sont uniformes dans le plan coupé, chacune d'elles ne cessant d'ailleurs d'être holomorphe qu'en deux des trois points* $C_1^{(\alpha)}, \ldots$ *Appelons* $(S_1), \ldots, (S_3)$ *les substitutions* $\left[C_1, \widehat{\psi}_1(C_1)\right], \ldots, \left[C_1, \widehat{\psi}_3\right]$, *maintenant définies pour toute valeur de* C_1. *La multiplication de ces substitutions et de leurs inverses fournira la totalité des valeurs de* C_1, *attachées à une même intégrale* (¹). *D'ailleurs, si* C_1 *tournait autour d'un point singulier (soit* $C_1^{(\beta)}$*) de* $\widehat{\psi}_1$ [*par exemple*], (S_1) *se changerait en le produit de* (S_1) *par* (S_2) *ou* (S_2^{-1}) [*comme il arrive pour la période d'intégrale elliptique à laquelle se réduit* (S_1) *pour* $m=0$].

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1307.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *La pesée d'un frottement pendant le glissement relatif des deux solides en contact.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Les seules méthodes jusqu'ici employées pour la détermination des frottements se ramènent toujours à la méthode dynamique imaginée par Coulomb, méthode dont le principe quelque peu élargi peut ainsi se résumer : mesure d'un frottement constant par l'emploi des principes de la dynamique et par l'étude expérimentale de mouvements interprétée par ces principes.

Or il m'a paru intéressant, dans le but de vérifier ou de modifier s'il y a lieu les lois admises sur le frottement, d'employer une méthode nouvelle n'empruntant aux principes de la mécanique classique que la seule loi de Newton, l'égalité de l'action et de la réaction; on sait en effet que les notions d'équilibre et de stabilité sont dans une large mesure indépendantes des autres hypothèses de la mécanique classique.

Voici la méthode expérimentale que j'ai adoptée.

Une première balance comprend un fléau en forme de croix; des deux branches de cette croix, l'une, porteuse des plateaux, est horizontale lorsque l'autre branche est verticale, c'est-à-dire lorsque cette première balance est en équilibre; le bras supérieur de cette seconde branche porte le support du couteau d'une seconde balance *plus légère;* le fléau de cette seconde balance, complété par un appendice de lestage et dépourvu de plateaux, va former par sa face inférieure *la surface de frottement* SS.

Lorsque l'on n'a à craindre le glissement d'aucun des deux couteaux, ce système à 2 degrés de liberté sera en équilibre lorsque les fléaux *de la balance porteuse et de la balance portée* seront chacun horizontal.

Mais le fléau de la balance porteuse peut être chargé d'un poids additionnel d'ailleurs variable : q, précisément au-dessus du point où la face inférieure du fléau frotté va supporter l'effort tangentiel que l'on va provoquer.

Au repos, l'effet du poids q peut être détruit par la réaction normale d'un *arbre* horizontal et perpendiculaire à la direction du fléau; cet arbre, jusqu'ici envisagé au repos, est l'arbre d'un petit moteur électrique rotatif, et dès que celui-ci sera en mouvement, à la réaction normale de l'arbre qui détruisait tout à l'heure la pression transmise par le poids supplémentaire q qui charge la balance portée va venir s'ajouter l'effort tangentiel de frottement, cet effort est transmis au support du couteau du fléau frotté et, par lui, à la balance porteuse; pour rétablir l'équilibre de celle-ci, on ajoutera

à l'un des plateaux convenablement choisi une tare graduellement croissante; celle-ci sera pesée ensuite à part dans une troisième balance de grande précision; ce poids additionnel fait connaître la force de frottement liée à la pression normale q.

II. Deux conditions doivent être remplies par cet instrument :

1° Le plan frotté S, sur la face inférieure du fléau de frottement, doit passer par l'arête du couteau de la balance légère;

2° Sur la balance porteuse, il faut connaître avec précision, d'une part les distances des couteaux-supports des plateaux au couteau central de cette balance et d'autre part la distance à l'arête du couteau central du plan de support du couteau de la seconde balance.

La méthode comporte de très grandes variations de la vitesse de glissement.

ASTRONOMIE. — *Mouvement de translation d'un tore gazeux dans un milieu résistant : application aux nappes planétaires d'Uranus et de Neptune.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

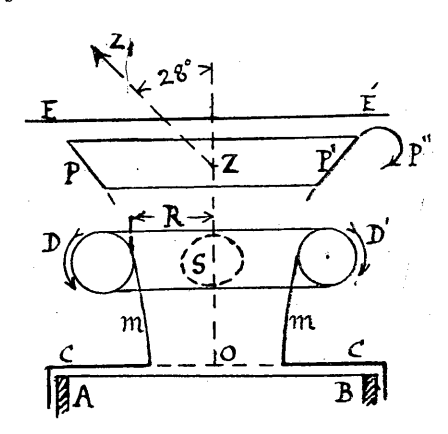
J'ai montré dans une Note antérieure (¹) que, dans un milieu résistant, il peut y avoir une infinité d'orbites spirales où la gravitation, équilibrée en tout point par la force centrifuge, laisse le champ libre aux autres forces. On peut donc, dans ce cas, chercher à étudier les phénomènes par la voie expérimentale qui ne permettrait pas de reproduire des actions de gravitation ou de force centrifuge entre des gaz. Les tores gazeux (anneaux de fumée) se prêtent à des expériences de ce genre : je me suis proposé de déterminer la courbe méridienne de translation de ces tores dans l'air et de la comparer avec la courbe méridienne de translation des nappes planétaires dans la nébuleuse primitive qui conduit à la démonstration de la loi des distances des planètes et satellites que j'ai établie en 1905.

Les expériences ont été faites sur des anneaux de grand diamètre (10^{cm} s'élargissant à 25^{cm} environ) obtenus par l'abaissement brusque du couvercle C fermant une boîte AB pleine de fumée de tabac et percé d'une ouverture circulaire O.

Soit OZ l'axe de translation du tore de rayon intérieur R : la rotation des

(¹) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 935.

molécules du tore qui tend à introduire par frottement, dans le vide intérieur, autant de molécules qu'il en sort, n'a pas d'influence sur l'augmentation dR de son rayon. Par contre, la tranche d'air d'épaisseur dz qui



pénètre dans l'intérieur du tore tend à y augmenter la pression et, par suite, R : dR est donc proportionnel à l'augmentation de pression par unité de longueur du périmètre $2\pi R$. Si $\frac{1}{K}$ est la densité du milieu, on a :

$$(1) \qquad \frac{1}{K} \frac{\pi R^2}{2\pi R} dz = dR,$$

d'où

$$(2) \qquad Z = KL \frac{R^2}{R_0^2} \qquad (R = R_0 \text{ pour } z = 0).$$

Ainsi la méridienne m de la surface-trajectoire au delà du rétrécissement de la veine gazeuse au sortir de la boîte AB est une courbe logarithmique qui tourne sa convexité vers OZ et en diverge de plus en plus : l'observation des anneaux de fumée confirme ces conclusions théoriques. Si un plan EE' est interposé sur la trajectoire de l'anneau DD', l'air tend à se comprimer entre EE' et DD' : par suite, K diminue et, en vertu de (2), pour une valeur donnée de z, R augmente rapidement. On constate en effet que dans ces conditions, au voisinage de EE', l'anneau s'élargit très rapidement.

Dans la réalité cosmique le noyau solaire S (de rayon a) qui a émis les nappes est au centre : étant doué d'attraction, il condense à son profit non seulement la surface πa^2 de la couche pénétrant dans l'anneau, mais une partie de la surface au delà du rayon a d'autant plus grande que a est lui-même plus grand par rapport à R. La masse gazeuse produisant la dilatation de R en est diminuée d'autant : c'est en effet en remplaçant dans (1) πR^2

par $\pi(R^2 - a^2)\frac{R}{R+a}$ que (2) reproduit la courbe méridienne des nappes planétaires d'où l'on tire facilement la loi des distances :

$$(3) \qquad z = K_1 L \frac{R-a}{\varepsilon} \qquad (R_0 = a + \varepsilon).$$

Les méridiennes (2) et (3) diffèrent peu : les surfaces-trajectoires auxquelles elles correspondent ont en commun le cercle de rayon $a + \varepsilon$ et pour la même valeur de K le cercle $(a + \varepsilon)\frac{a}{\varepsilon}$ qui avec les valeurs déterminées par notre théorie donne la distance 18, 1 u. a. voisine de celle d'Uranus.

Si la nappe d'Uranus s'est enroulée en anneau, au voisinage de l'écliptique EE', plan de maximum de densité de la nébuleuse, cet obstacle à la translation doit, d'après ce qui précède, avoir augmenté rapidement le rayon de l'anneau. En effet, la loi des distances ($R_n = a + c^n$) nous a donné 17,76 pour la distance théorique d'Uranus qui est en réalité 19,2.

Au delà d'Uranus, toute nappe enroulée en anneau doit, en raison du peu d'action à cette distance du noyau S, tendre à suivre la trajectoire méridienne (2) au lieu de (3). Or, pour la même valeur de z au delà de la distance 18, 1 u. a., la surface méridienne (3) est en dehors de (2). Ainsi la distance théorique de Neptune (33,25) donnée par la loi tirée de (3) doit être supérieure à la distance réelle 30, 1.

Il reste à expliquer par quel mécanisme s'est produit l'enroulement en forme de tore des nappes d'Uranus et de Neptune. En général, les nappes des planètes directes sont des éléments de surface de tourbillon physique PP' qui, près de l'écliptique, s'enroulent par l'effet de la vitesse antagoniste de la nébuleuse autour de la tangente à la méridienne du côté P'. Cette tangente devient l'axe de rotation de la planète. Si cette tangente devient normale à la direction de translation ZZ_1 des nappes dans la nébuleuse (direction de l'apex faisant un angle de 28° avec l'axe de l'écliptique), l'élément de surface P' sera rebroussé en P'' avec tendance à l'enroulement de la nappe en un anneau parallèle à l'écliptique. La loi des inclinaisons α des axes planétaires P' à la distance R est donnée par la formule :

$$(4) \qquad \tan\alpha = \frac{R - 4,9}{4,9 - 0,29}\tan 28° \qquad (a = 0,29).$$

En faisant $\alpha = 90° - 28° = 62°$, on trouve R = 21,2 u. a.

Ainsi la distance où commence à se produire cette particularité d'enroulement d'une nappe en anneau est voisine de celle d'Uranus. L'anomalie

de son axe couché à 8° près dans l'écliptique résulte donc bien de ce fait que dans la section d'un anneau les molécules tournent autour d'un axe situé dans son plan équatorial. Le même fait explique aussi le rayon exceptionnel (5,41) du noyau primitif d'Uranus tiré de la loi des distances de ses satellites ($R_n = 5,41 + 1,516^n$), alors que pour toutes les planètes directes le rayon du noyau primitif n'est qu'une fraction du rayon planétaire actuel. En calculant le volume de l'anneau primitif d'Uranus qui devait avoir la masse de cette planète, on trouve que sa densité était $0,94 \times 10^{-3}$ rapportée à l'hydrogène, soit probablement 10^{10} la densité de la nébuleuse primitive.

La formule (4), qui donne pour Neptune $\alpha = 71°$, semble indiquer que sa nappe s'est aussi enroulée en anneau; elle montre aussi pourquoi les planètes directes où α ne dépasse pas 28° (Saturne) n'ont pas eu leurs nappes transformées en anneaux.

En résumé, on voit quelles clartés l'étude de la translation des tores gazeux jette sur la balistique des nappes planétaires dans la nébuleuse primitive.

ASTRONOMIE. — *Éphéméride de la comète* 1919 *c* (Borrelly) (*suite*). Note de M. **H. Vanderlinden**, transmise par M. B. Baillaud.

De deux observations de la comète 1919*c* (Borrelly) que j'ai effectuées à l'équatorial de 38^cm d'ouverture de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle, respectivement les 18 et 20 septembre 1919, il résulte que les éléments paraboliques publiés dans les *Comptes rendus* (1) représentent ces observations, dans les deux cas, de la manière suivante :

$$\Delta\alpha(O - C) = 0^s; \qquad \Delta\delta(O - C) = +0',1.$$

Cette représentation pouvant être considérée comme satisfaisante pour le but poursuivi, il m'a paru inutile d'entreprendre un calcul d'amélioration.

J'ai calculé ainsi la suite de l'éphéméride pour 12 heures, temps moyen de Greenwich. Pour la détermination de la *grandeur*, je me suis basé sur une estimation faite le 30 août, au chercheur de 8^cm d'ouverture : $m_0 = 9,3$.

(1) Tome 169, 1919, p. 507-508.

Dates. 1919.		α vraie.	δ vraie.	Log r.	Log ρ.	Grandeur.
Octobre	16...	15h56m10s	+ 1°32',3	0,14202	0,30189	8,4
»	18...	16. 1.32	+ 0.27,7			
»	20...	16. 7. 0	− 0.37,3	0,13062	0,29794	8,3
»	22...	16.12.33	1.42,6			
»	24...	16.18.12	2.48,2	0,11948	0,29427	8,2
»	26...	16.23.58	3.54,1			
»	28...	16.29.50	5. 0,1	0,10868	0,29087	8,1
»	30...	16.35.48	6. 6,2			
Novembre	1...	16.41.53	7.12,4	0,09834	0,28781	8,1
»	3...	16.48. 5	8.18,6			
»	5...	16.54.23	9.24,7	0,08858	0,28511	8,0
»	7...	17. 0.48	10.30,6			
»	9...	17. 7.19	11.36,2	0,07951	0,28279	8,0
»	11...	17.13.58	12.41,4			
»	13...	17.20.44	13.46,2	0,07130	0,28088	7,9
»	15...	17.27.37	14.50,5			
»	17...	17.34.38	15.54,1	0,06406	0,27940	7,9
»	19...	17.41.46	16.57,0			
»	21...	17.49. 2	17.59,1	0,05793	0,27831	7,8
»	23...	17.56.25	19. 0,2			
»	25...	18. 3.56	−20. 0,0	0,05304	0,27771	7,8

PHYSIQUE. — *Mécanique absolue des ondulations et Relativité newtonienne de l'énergie* (¹). Note (²) de M. G. SAGNAC, présentée par M. Lippmann.

L'existence d'un *Univers ondulatoire absolu* a été rattachée à la pure mécanique classique qui s'avance ainsi dans les mécaniques internes d'un *Univers physique hétérogène*, au delà des limites de l'Univers des molécules et dans les éléments mêmes d'énergie qui en émanent.

La valeur absolue de la longueur d'ondulation $\mu(u, \alpha)$ dans le système de référence S_u du centre élémentaire radiant s, et la valeur de la fréquence vibratoire $N(u^2)$, supposée *isotrope* sur tous les centres matériels vibrants du Champ de s, ont été trouvées égales respectivement à $\lambda\left(1+\frac{u}{C}\cos\alpha\right)$ et à $N_0\left(1-\frac{u^2}{2C^2}\right)$ d'après *la mécanique des liaisons* ainsi définie : la distribu-

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 469 et 529.

(²) Séance du 6 octobre 1919.

tion de l'énergie de Radiation dans l'*espace newtonien de référence* S_u, en translation rectiligne et uniforme, et dans le *temps universel* des horloges molaires n'est que le résultat rigoureux et universel de la superposition des petits mouvements ondulatoires des Champs absolus F, et cette distribution satisfait aux *lois newtoniennes* NR *de l'énergie de radiation* (relativité réelle et extérieure).

Les lois des liaisons de la *mécanique absolue* F *des ondes* et de la *relativité newtonienne* N *de l'énergie de Radiation* dans le même Champ S_u et dans le même temps universel constituent la Mécanique nouvelle NRF de la Radiation qui rattache les lois ondulatoires F et le mouvement absolu à la Relativité newtonienne de l'énergie et de la matière :

MÉCANIQUE DES LIAISONS.

RELATIVITÉ EXTÉRIEURE	N → ↓ ↘	ENTRAINEMENT DYNAMIQUE	NRF ↑ **Radiation**	SUPERPOSITION DES ONDES.	←	CHAMPS ONDULATOIRES ABSOLUS F.

Matière M, *Radiation* R.

Vitesse de l'énergie (battements longs) $\Big\{ C = C\dfrac{dg(u^2)}{df(u, \alpha)} + f(u, \alpha)\dfrac{dv}{df(u, \alpha)}.$ | $g = \dfrac{N(u^2)}{N_0} = 1 - \dfrac{u^2}{2C^2}.$

Longueur de radiation (interférences) $\Big\{ \lambda = \mu(u, \alpha)\left[1 + F\left(\dfrac{u}{C}\right)\cos\alpha\right].$ | $f(v) = \dfrac{\lambda}{\mu(u, \alpha)} = 1 + \dfrac{v}{C}.$

Ainsi la RADIATION est placée au centre d'une *Mécanique classique généralisée*. Semblable dynamiquement à la Matière dans la *Relativité newtonienne extérieure*, elle est le siège de la *transformation mutuelle de deux mécaniques opposées et simultanées*, la relative N et l'absolue F, par l'intermédiaire des lois classiques de superposition des petits mouvements, qui révèlent *la genèse de l'énergie* N *à partir des ondulations* F.

Cette révélation rattache à la pure mécanique classique de la matière ce qu'il y avait d'également vrai dans les théories trop *matérielles* de l'entraînement newtonien réel et complet (*théories de l'émission pure*, théorie de Hertz, etc.) et dans les hypothèses arbitraires sur l'*Ether ondulatoire* qui avaient abouti finalement à une pure négation de tout Éther réel (*Relativité générale*). C'est l'*opposition même des lois extrêmes* N et F de notre *Mécanique des liaisons successives :*

Matière → Energie → Superposition → Ondulations
N NRF F

qui révèle les lois absolues F à partir des lois newtoniennes de la Mécanique classique MN et qui établit la séparation entre la *théorie hétérogène* NRF et toutes les théories *homogènes* de la Radiation et du mouvement.

De la valeur de la fréquence $N(u^2)$ isotrope des centres radiants du champ S_u, et de la longueur d'onde anisotrope $\mu(u, \alpha)$, nous déduisons la vitesse anisotrope $V(u, \alpha)$ de propagation de la phase ondulatoire, égale à $C\frac{g(u^2)}{f(u,\alpha)}$. μ et V sont représentées à chaque instant autour du centre radiant par deux surfaces de révolution du second degré, homothétiques par rapport au *foyer* géométrique commun, qui est à chaque instant le *centre radiant s*. Ces surfaces sont des ellipsoïdes si la vitesse u est inférieure à C.

Sur l'axe $\overline{u}$ en particulier, la vitesse $(V+u)$ de la phase dans S_u, augmentée de u, est $C\left[1+\frac{u^2}{2\left(1+\frac{u}{c}\right)}\right]$. La première loi de liaison, celle du temps ondulatoire variable $T(u, \alpha)$, ou $\frac{l}{V(u,\alpha)}$, et du temps de Radiation $\frac{l}{c}$, invariable dans S_u, montre la transformation de la vitesse absolue $(V+u)$ des ondes $\left(\text{égale à C à } \frac{u^2}{2\left(1+\frac{u}{c}\right)} \text{ près}\right)$, dans la vitesse absolue $C+u$ de l'énergie.

Ainsi l'énergie avance par rapport aux ondes; autrement dit, les ondes de phase reculent dans chaque train ou *élément de radiation*, qui représente un *transporteur véritable de l'énergie;* cet élément est formé par un battement d'un grand nombre d'ondes; c'est ainsi que nous avons calculé la superposition des ondes de deux centres, l'un de vitesse radiale v dans $\Sigma(o)$, l'autre de vitesse supplémentaire *uniquement radiale* dv dans $\Sigma(o)$. La résultante de u et de dv est telle que du^2 est identique à dv^2 et l'on calcule alors $C\frac{dg(u^2)}{df(u,\alpha)}$ par $C\frac{dg(u^2)}{du^2}\frac{dv^2}{df(u,\alpha)}$, ce qui donne bien $(-v)$, terme complémentaire du dernier terme de l'équation des temps $f\frac{dv}{df}$ ou $(C+v)$. Ainsi la vitesse radiale v intervient seule dans les variations de $g(u^2)$ qui participent réellement à la transformation du temps ondulatoire en temps newtonien.

Cette transformation qui relie les deux univers F et N, peut se représenter par les durées $T(u, \alpha)$ et t, ou bien par les vitesses $V(u, \alpha)$ et C correspondantes :

$$(\text{NF}) \qquad gT(u,\alpha) = t + \frac{ux}{C^2} \qquad \text{et} \qquad v'(u,\alpha) = C - V = \frac{v + \frac{u^2}{2C}}{1+\frac{v}{C}}$$

toujours en unités réelles et invariables de longueur et de temps universel, celles du champ dynamique newtonien.

La loi de transformation NF permet, à elle seule, de passer de la loi de distribution ellipsoïdale des *ondes* à loi de distribution sphérique de *l'énergie* de la même Radiation. La source s élémentaire en translation emporte ainsi son système de sphères d'énergie concentriques; ces sphères se dilatent dans le système rigide S_u, proportionnellement au temps newtonien universel, c'est-à-dire transportent l'*énergie* et le *temps* (surfaces tautochrones). Pendant cette propagation newtonienne, s'effectue dans la même radiation, la propagation des surfaces réelles de *phase*, ou ondes absolues, de vitesse $V(u, \alpha)$. Les deux ondes μ et $(\mu + d\mu)$, qui définissent notre *battement virtuel*, *décèlent* par leur coïncidence, c'est-à-dire par leur *intersection* sur le trajet rigide l_α lié à S_u, le *maximum* de densité d'énergie, *indicateur de la vitesse* C.

Dans le sens de la translation du champ S_u, où se propage un train limité, les ondulations complexes naissent à la sphère de tête et reculent dans le train pour s'effacer à la sphère terminale. C'est ce mouvement général des oscillations intérieures du train qui définit la translation absolue du champ S_u dans la double mécanique NRF de la Radiation, profondément distincte de toutes les théories actuelles et en cohérence complète avec la Mécanique classique de la Matière et des petits mouvements.

PHYSIQUE. — *Sur la gravitation.*

Note de M. Q. **Majorana**, présentée par M. Lippmann.

Parmi toutes les lois de la Physique, la loi de Newton semble la plus parfaite. Il n'avait pas été possible jusqu'ici de démontrer avec certitude l'*influence du milieu* sur la propagation ou transmission de la force de gravitation. Mais, en réfléchissant sur la difficulté qu'il y a d'exprimer avec une rigueur mathématique, presque tous les autres phénomènes que la nature nous laisse observer, on doit reconnaître que très probablement la perfection de la loi de Newton n'est réelle que dans une première approximation, bien que celle-ci soit très suffisante à l'interprétation de ce que nous voyons ordinairement.

L'idée vient donc que la force de gravitation puisse, par exemple, s'affaiblir lorsqu'elle traverse de la matière pondérable. Si l'on compare cet hypothétique affaiblissement, à d'autres phénomènes connus, il est pos-

sible de conclure qu'il peut s'agir : ou d'une sorte de *perméabilité* de la gravitation (comme pour l'électricité ou le magnétisme), ou bien d'absorption (comme pour la lumière, le son, etc.). Or, pour des considérations que je ne peux pas développer ici, il me semble que cette seconde idée soit la plus vraisemblable.

Il est donc à croire que si le phénomène de l'absorption de la gravitation existe, il sera plus logique d'en devoir reconnaître les effets, dans les cas des plus formidables agglomérations de la matière : dans les astres et dans le Soleil plus encore que dans la Terre. De sorte que, par exemple, le Soleil qui agit avec sa force d'attraction sur les planètes devrait réellement avoir une masse plus grande que celle qui est reconnue par les astronomes (c'est-à-dire 2.10^{33} gr. correspondant à une densité moyenne de 1,41). L'hypothèse nouvelle que je formule, porte donc à l'admission d'une *masse vraie* et d'une *masse apparente*, qui seraient caractéristiques de chaque agglomération particulière de la matière.

Mais comment pourrait-on vérifier l'exactitude de cette conception? Les faits astronomiques ne semblent pas, jusqu'ici, avoir besoin du nouveau phénomène pour être expliqués, si toutefois on exclut la fameuse rotation du périhélie de Mercure. Mais, peut-être, si le phénomène de l'absorption était reconnu admissible, les astronomes auraient un instrument de plus dans leurs recherches. Cela posé, je crois que le seul moyen de vérifier directement le phénomène en question serait la recherche du laboratoire, quoique, dans le cas le plus favorable, il doit s'agir d'effets extrêmement faibles et presque insaisissables.

Avant d'essayer la construction d'un appareil quelconque, il était tout naturel d'établir la sensibilité qu'on devait exiger de lui, pour avoir quelque chance de succès. Il fallait donc compléter l'hypothèse générique de l'absorption par quelque appréciation quantitative. J'ai tiré celle-ci de la considération de la constitution solaire. Il est connu que le Soleil a la densité de 1,41, bien que la densité des corps les plus lourds puisse arriver à peu près à 25. Il est vrai que le Soleil a une température extérieure de 6000° environ, et plus élevée encore à l'intérieur; mais, notamment ici, les pressions sont énormes. Et, bien que selon nos idées sur la constitution des corps, tous ceux-ci, à cette température, doivent se trouver à l'état gazeux, il peut se faire, dans l'hypothèse de l'absorption, que la *densité vraie moyenne* soit beaucoup plus forte que 1,41. Or un calcul, dont je donnerai seulement les résultats, m'a permis d'évaluer le caractère du phénomène de l'absorption en admettant que le Soleil ait une densité

quelque peu supérieure à 1,41; par exemple 2. Ce calcul, qui n'est qu'approximatif, se base sur la considération d'une sphère à densité uniforme de rayon R. Soit ∂_v sa *densité vraie*; ∂_a sa *densité apparente*, qui correspond à la masse qui, selon la loi de Newton, donne lieu à l'extérieur de la sphère aux forces d'attraction. Si l'on admet qu'un élément intérieur quelconque de la sphère *rayonne* dans toutes les directions une sorte de *flux* (*flux d'attraction*), qui va s'affaiblissant, non seulement selon la raison inverse du carré des distances, mais aussi en conséquence de l'existence dans la loi mathématique du phénomène, d'un facteur exponentiel (e^{-Hx}), la masse apparente de la sphère est donnée par la relation suivante :

$$M_a = \frac{4}{3}\pi \partial_v R^3 \psi,$$

où

$$\psi = \frac{3}{4}\left[\frac{1}{p} - \frac{1}{2p^3} + e^{-2p}\left(\frac{1}{p^2} + \frac{1}{2p^3}\right)\right],$$

en posant $p = RH$.

On arrive à ce résultat par une double intégration de la fonction différentielle qui exprime la loi d'attraction, amortie par le facteur e^{-Hx}.

On voit facilement que $\lim \psi_{p=0} = 1$; c'est-à-dire que pour R très petit, ou pour $H = 0$, l'absorption est nulle et la masse vraie égale à la masse apparente. Le facteur H peut être appelé facteur d'amortissement relatif à la densité ∂_v. On peut poser $H = h\partial_v$, et appeler h le *facteur* d'amortissement par unité de densité; h serait une sorte de *constante universelle* dont dépendrait la mesure précise des phénomènes newtoniens.

Si maintenant nous appliquons la connaissance de la fonction ψ au Soleil (en lui attribuant, pour plus de simplicité, une densité uniforme), nous pouvons faire diverses hypothèses sur la valeur de la densité vraie de cet astre. On a le Tableau suivant, en tenant compte de la valeur du rayon solaire, $R = 6,95.100^{10}$ cm :

$\partial_v = 1.41.$		2.	5.	10.
$\psi = \frac{\partial_a}{\partial_v}$	1	0,705	0,281	0,141
p....................	0	0,53	2,46	5,29
$h = \frac{p}{R_s \partial_v}$	0	$3,81.10^{-12}$	$7,08.10^{-12}$	$7,49.10^{-12}$

d'où l'on voit que depuis la densité 2 jusqu'à 10, la valeur de h est de l'ordre 10^{-12}. On peut voir de plus que la limite de h pour $\partial_v = \infty$ est $7,65.10^{-12}$; cette valeur est déterminée par la connaissance de la fonction ψ, et par le

fait que le Soleil a une densité apparente de 1,41 sur un rayon de $6,95.10^{10}$ cm. Tel est l'ordre de grandeur du facteur h qu'il faut considérer pour la construction d'un appareil destiné à mettre en évidence l'absorption de l'attraction universelle. Cet appareil, je l'ai réalisé et expérimenté avec succès.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'emploi industriel de pressions extrêmement élevées*. Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait quel rôle quasi-universel joue dans la science et l'industrie modernes l'emploi de la *pression* : industrie du froid, liquéfaction ou emmagasinement des gaz, force motrice, artillerie, travaux sous-marins, nombre de réactions chimiques ou de problèmes physiques ou mécaniques en sont tributaires et c'est, par suite, une question du plus haut intérêt de savoir si une ressource si précieuse est exploitée déjà jusqu'à ses limites possibles ou si l'on peut au contraire compter sur de nouveaux progrès.

Or, si l'artillerie utilise des pressions de 2 ou 3000 atmosphères, si certains travaux de physique, comme les magnifiques recherches de Tammann et de Bridgman ont poussé jusqu'à 11000 atmosphères la limite de nos efforts, il ne s'agit là que d'utilisations essentiellement discontinues et pendant des temps infiniment courts, ou de pressions en quelque sorte statiques et agissant à une échelle extrêmement réduite.

En fait, dans la plupart des industries, on ne dépasse guère 20 ou 30 atmosphères; et quand l'industrie des gaz comprimés — ou, avec Linde, celle de la liquéfaction de l'air — a dû envisager la production et l'utilisation courante de grandes masses de gaz comprimés à 150 ou 200 atmosphères, on a jugé le pas énorme et estimé que de telles pressions seraient bien difficiles à dépasser beaucoup dans la pratique. C'est là une opinion encore très générale à l'heure actuelle, et il n'est pas sans intérêt de signaler que lorsque la *Badische Anilin* a dû commenter aux officiers de notre contrôle la grandiose réalisation du procédé Haber qu'elle a faite à son usine d'Oppau, elle n'a pas manqué de placer au premier rang des difficultés qu'elle a dû vaincre celles que lui a values la compression courante de grandes masses d'hydrogène à 200 atmosphères.

Je voudrais établir ici que cet état d'esprit est totalement injustifié; non seulement il n'y a aucune difficulté réelle à comprimer les gaz à des pressions bien plus élevées, mais de simples raisons de bon sens font voir qu'il

peut y avoir plus d'intérêt et plus de facilité à employer 1000 atmosphères par exemple, que 100 ou que 200.

Quelque paradoxale, au reste, qu'elle apparaisse à première vue, cette manière de voir n'est pas totalement inédite en la matière. On sait que les cuirs emboutis, ces accessoires si utiles de la production de la pression, fonctionnent d'autant mieux que la pression est plus élevée. J'ai pu constater que cette efficacité des cuirs emboutis de compresseurs n'est pas compromise à des pressions bien plus élevées que celles où l'on avait coutume d'atteindre jusqu'ici, et leur usage, moyennant quelques précautions élémentaires, m'a permis de réaliser, à l'aide de simples pistons plongeurs, des compresseurs dont la puissance, progressivement accrue, permet déjà de comprimer sous 1000 atmosphères, plus de 100^{m^3} de gaz par heure.

Il est à remarquer qu'une installation de compression à 1000 atmosphères ne diffère de l'installation correspondante à 200 atmosphères que par l'adjonction d'un ou deux cylindres minuscules, et que la loi de la compression isothermique, montrant que les travaux ne croissent sensiblement que comme les logarithmes des pressions, ne fait ressortir qu'à 3 pour comprimer à 1000 ce qui coûte déjà 2 pour comprimer à 100.

Pour appliquer de telles pressions, observons que ce qui est difficile, ce n'est évidemment pas de donner aux appareils qui les produisent ou les emploient des parois assez épaisses pour résister avec sécurité. La seule chose difficile, c'est l'*étanchéité des joints*. Or, on remarquera que, quelle que soit la pression que l'on considère, 100 atmosphères ou 1000, l'étanchéité doit être *parfaite*, car la plus petite fuite entraîne des pertes inadmissibles.

Dès lors, le joint sous 1000 atmosphères est bien plus facile à faire et à étancher que celui sous 100, car, à débit de gaz égal, à puissance d'installation donnée, il est *bien plus petit* en raison de la réduction énorme du volume des appareils.

Cette considération est entièrement justifiée par les faits et j'ai pu, dès 1917, montrer à MM. d'Arsonval et Le Chatelier, en même temps que les compresseurs correspondants, des appareils d'expérience comportant des quantités de joints, de raccords, de robinets qui se manœuvraient avec la plus grande facilité; ces appareils, chargés à 1000 atmosphères et immergés dans l'eau, ne laissaient pas échapper la moindre bulle de gaz.

Donc il n'y a pas de doute que si des avantages importants, d'ordre thermodynamique ou autre, peuvent être invoqués en faveur de l'emploi

des très hautes pressions dans tel ou tel problème spécial, il ne devra y avoir aucune hésitation à y avoir recours.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions microchimiques de l'acide thiosulfurique.* Note de M. A. Bolland, présentée par M. Charles Moureu.

Les réactions microchimiques de l'acide thiosulfurique n'étaient pas connues jusqu'à présent. Les résultats d'études se rapportant à ce sujet sont décrits ci-dessous; je les ai obtenus avec une solution aqueuse de thiosulfate sodique $Na^2S^2O^3.5H^2O$.

1. *La réaction avec* $Tl(NO^3)$. — Les solutions étendues du thiosulfate donnent avec l'azotate thalleux solide des prismes, des bâtonnets et des croix, vitreux ou noirs, appartenant au système rhombique. Ils ont souvent l'aspect de squelettes de cristaux. Leur grandeur moyenne est de 20^{μ} (*fig.* 1). L'introduction d'azotate thalleux dans la solution concentrée du thio-

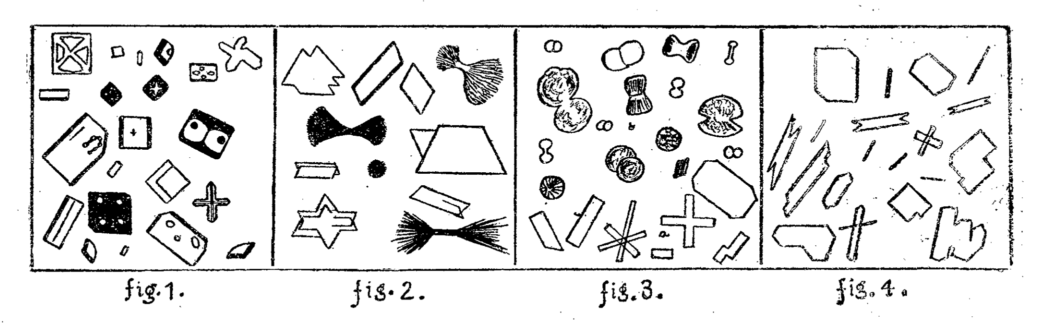


fig. 1. fig. 2. fig. 3. fig. 4.

sulfate produit la formation d'un précipité, qui est souvent microcristallin, mais qui, recristallisé de l'eau chaude, dépose au commencement, aux bords de la goutte, un filet d'aiguilles vitreuses, qui se caractérisent par extinction droite entre les nicols croisés; elles sont très longues (jusqu'à quelques millimètres), très minces (filiformes) ou ont jusqu'à 2^{μ} de largeur. Le précipité se forme aussitôt, quand on emploie le réactif solide, dans les concentrations jusqu'à 0,02 pour 100; la limite de sensibilité de la réaction est $0^{\mu g},015\ S^2O^2$. Les indices de réfraction de la lumière sont supérieurs à 1,74 [1].

---

[1] J'étais forcé d'employer pour ces microcristaux la méthode qui est fondée sur l'immersion de microcristaux dans les liquides dont l'indice de réfraction est connu, quoique cette méthode ne permette pas souvent une détermination exacte.

2. *La réaction avec* $Pb(CH^3COO)^2$. — La solution d'acétate de plomb, employée par petites quantités en proportion de la quantité du thiosulfate, précipite des rhombes vitreux (leur angle aigu a 64°, l'extinction va le long de la ligne diamétrale de rhombes), des prismes et des tablettes, appartenant au système rhombique (*fig.* 2), qui, observés macroscopiquement, se distinguent par l'éclat de la nacre; leur grandeur moyenne est de 50^{μ}; les indices de réfraction de la lumière sont supérieurs à 1,74. Des aiguilles sombres se forment aussi à côté de ces cristaux; elles sont réunies en faisceaux, souvent doubles, ou groupés en balles effilées. Quand on opère avec une petite quantité d'acétate, on obtient exclusivement des aiguilles; l'addition d'un excès du réactif donne lieu à la formation d'un précipité, qui est généralement amorphe. La réaction se produit aussitôt, quand on emploie le réactif solide, dans les concentrations jusqu'à 0,1 pour 100; la limite de sensibilité de la réaction est $0^{\mu g},076$ S^2O^2. Les précipités cristallins de cette réaction ne sont pas stables.

3. *Les réactions avec* $BaCl^2$. — L'étude de la réaction avec le chlorure de baryum a démontré que les produits de la réaction sont de deux genres, ce qui est sans doute en liaison avec l'existence de modifications différentes de la molécule du thiosulfate.

a. Les solutions étendues du thiosulfate donnent avec le chlorure de baryum (solide ou en solution aqueuse) des prismes vitreux, des lamelles rectangulaires (rarement on aperçoit les angles aigus de 42°), appartenant au système rhombique, groupées en étoiles ou en croix; leur longueur est de 50^{μ}-500^{μ}; leur largeur est de 10^{μ}-50^{μ}. Les indices de réfraction de la lumière sont 1,66, 1,69. Le précipité prend naissance aussitôt, quand on emploie le réactif solide, dans les concentrations jusqu'à 0,05 pour 100; la limite de sensibilité de la réaction est $0^{\mu g},038$ S^2O^2.

b. Les solutions concentrées du thiosulfate ne donnent avec une solution étendue de chlorure de baryum aucune réaction visible. Le réactif visible ou sa solution concentrée, introduits en excès (¹) dans la goutte soumise à l'essai, donnent un précipité blanc grisâtre, amorphe d'abord, se transformant bientôt (après 5 minutes à peu près) en conglomérats cristallins, composés pour la plupart d'aiguilles, rarement de fils, appartenant au système rhombique. Ces conglomérats affectent très souvent, au

(¹) Le produit de la réaction obtenu quand on introduit de petites quantités de réactif se dissout dans l'excès de thiosulfate.

commencement, la forme de poids gymnastiques allongés, se composant de deux sphères, réunies par une baguette; ces sphères croissent vite pendant la réaction; par conséquent, l'observateur a l'impression que la baguette qui réunit les sphères diminue et disparaît enfin; les conglomérats affectent ainsi la forme du chiffre 8, un peu aplati; ces conglomérats croissent souvent de manière à amener la formation de deux sphères, qui se recouvrent quelquefois en partie ou tout à fait (*fig.* 3). En mêlant le liquide et en agitant avec un fil de platine, on accélère la transformation cristalline du précipité amorphe. La grandeur des sphères est de 20^{μ}-300^{μ}, en moyenne 100^{μ}; la grandeur des conglomérats dans la forme du chiffre 8 est le plus souvent de 20^{μ}. Les indices de réfraction de la lumière de ces cristaux, lavés à l'eau et séchés avec un morceau de papier-filtre durci, sont 1,71.

Les mêmes solutions de thiosulfate et le même réactif donnent soit les précipités décrits sous *a*, soit les précipités décrits sous *b*; j'ai observé, quoique rarement, des cas où la même goutte d'essai a donné simultanément les deux formes. Il n'était pas possible de fixer les conditions dans lesquelles cette réaction s'effectue suivant l'une ou l'autre de ces deux formes différentes; j'ai remarqué seulement que la température plus basse et la concentration plus grande favorisent la réaction *b*, ce qui est peut-être en liaison avec le fait que le thiosulfate sodique se transforme à une température inférieure à 32° C. en sél moins hydraté. Généralement, on observe la réaction *a*, et rarement, dans les conditions décrites, la réaction *b*. Il est probable que la réaction *a* se rapporte à la modification α du thiosulfate de Young et Mitschell [1], tandis que la réation *b* se rapporte à la modification métastable.

4. *La réaction avec la benzidine.* — La benzidine, en solution acétique, précipite d'une solution du thiosulfate des aiguilles incolores (mesurant 100^{μ}), des prismes, des lamelles (dont les extrémités ressemblent à la queue des hirondelles), des tables hexagonales, appartenant au système rhombique (grandeur jusqu'à 30^{μ}) (*fig.* 4). Les indices de réfraction de la lumière sont l'un au-dessus de 1,54 (la détermination exacte ne m'était pas possible (voir la première note de mon Mémoire), parce que le produit de la réaction se dissout dans les liqueurs d'essai), l'autre 1,54. La réaction

---

[1] *Journ. Am. Chem. Soc.*, t. 26, 1904, p. 1389-1413.

(formation d'aiguilles) se produit dans les concentrations jusqu'à 0,01 pour 100; la limite de sensibilité de la réaction est 0^{mg},0075 S^2O^2.

5. *Les autres essais.* — Le chlorure de nickel, employé en excès, précipite de solutions de thiosulfate des aiguilles très facilement solubles; l'azotate d'argent, le sulfate de glucinium donnent des précipités amorphes; l'acétate de calcium, le chlorure de cadmium provoquent le dégagement de gaz; l'acétate de magnésium, le chlorure de potassium, le chlorure de manganèse ne donnent aucune réaction microchimique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Séparation, par solidification, de l'anhydride carbonique pur d'un mélange gazeux.* Note de MM. **V. Crémieu** et **A. Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

On sait, par les travaux de Cailletet, Andrews, Van der Waals, Gibbs, Kuenen, Mathias, Duhem, Caubet, etc., que les mélanges gazeux donnent, par compression et refroidissement, une phase liquide qui contient tous les éléments du mélange, si différentes que puissent être les constantes critiques des constituants de ce mélange.

En étudiant un mélange de gaz naturels très riche en anhydride carbonique, nous avons constaté que cette loi ne s'applique plus quand on réalise la solidification de l'anhydride carbonique. On obtient celui-ci à l'état de neige, exempte des autres éléments du mélange.

Le mélange étudié a la composition volumétrique moyenne suivante :

CO^2	94,8 pour 100
O^2	0,72 »
N^2	4,38 »
Ar	0,08 »
He	0,02 »
Émanation du radium	7.10^{-9} curie par litre

Nous avons vérifié que la liquéfaction en bloc de ce mélange donne bien un liquide contenant les divers éléments du mélange gazeux initial.

D'autre part, nous avons opéré la solidification de l'anhydride carbonique par deux moyens différents :

1° En détendant, dans une manche d'étoffe placée dans l'air ambiant, le liquide obtenu par compression, à la température ordinaire, du mélange gazeux initial.

La neige d'anhydride obtenue est chimiquement pure et rigoureusement exempte d'émanation du radium. Ce procédé ne permet pas de recueillir le résidu gazeux.

2° En comprimant légèrement, dans un récipient refroidi à − 80° environ, le mélange gazeux initial.

Comme dans l'expérience précédente, la neige carbonique précipitée est chimiquement pure. Quant à la phase gazeuse, elle a présenté la composition globale suivante :

CO^2	36,2 pour 100
Résidu azoté	63,8 pour 100

On peut baser sur ces faits des méthodes simples de séparation des gaz et de préparation d'anhydride carbonique pur dont nous poursuivons l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique concentré sur l'alcool méthylique.* Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dumas et Péligot ont signalé la formation du sulfate diméthylique dans la distillation d'une partie d'esprit de bois avec huit ou dix parties d'acide sulfurique concentré. Claesson a prétendu qu'un tel excès d'acide était inutile et que le rendement n'est pas amoindri en employant des proportions équimoléculaires d'acide et d'alcool. Or ces proportions sont à peu près celles que Dumas et Péligot recommandent pour préparer non plus le sulfate diméthylique, mais l'oxyde de méthyle. Il y avait là une contradiction manifeste.

Nous avons repris ces expériences, précisé les résultats et tenté d'éclaircir le mécanisme d'une réaction assez complexe.

L'alcool méthylique a été traité par des quantités croissantes d'acide sulfurique : soit pour une molécule d'alcool successivement $0^{mol},5$, 1^{mol}, 2^{mol}, 3^{mol} d'acide.

Le rendement en sulfate diméthylique est respectivement de 8,4, 22,2, 31,2, 44,4 en centièmes du rendement théorique.

Dans la distillation du mélange d'une molécule d'acide et de deux molécules d'alcool on ne recueille qu'une très faible quantité de sulfate diméthylique : les groupes méthyle se retrouvent pour la plus grande partie sous forme

d'oxyde de méthyle. Les objections de Claesson n'étaient donc pas fondées et les affirmations de Dumas et Péligot parfaitement exactes.

Si maintenant on suit de près la marche de l'opération, on reconnaît que le mécanisme en est le suivant :

1° L'acide sulfurique à 66° B. agit sur l'alcool méthylique en produisant tout d'abord exclusivement le sulfate acide de méthyle par la réaction d'équilibre

$$SO^4H^2 + CH^3OH \rightleftharpoons SO^4H(CH^3) + H^2O.$$

Dans la réaction primaire quatre substances sont donc en présence.

2° Le sulfate diméthylique résulte du sulfate acide de méthyle par une décomposition ultérieure qui est elle-même limitée par la réaction inverse

$$2SO^4H(CH^3) \rightleftharpoons SO^4H^2 + SO^4(CH^3)^2.$$

Pour l'état d'équilibre, la composition, qui ne varie pas beaucoup d'ailleurs avec la température, est toute à l'avantage du sulfate acide de méthyle.

Autant que nos expériences nous permettent une conclusion, l'équilibre correspond approximativement à l'association

$$SO^4H^2 + SO^4(CH^3)^2 + 3SO^4H(CH^3).$$

Ce qui varie beaucoup avec la température c'est la vitesse avec laquelle l'équilibre est atteint : alors que quelques heures suffisent à la température de 150°-160°, il faut deux mois à la température ordinaire pour que l'évolution du mélange $SO^4H^2 + SO^4(CH^3)^2$ ait atteint sa limite. Il est assez naturel de penser qu'il en est approximativement de même pour la transformation inverse du sulfate acide de méthyle dans laquelle se forme le sulfate diméthylique. Si donc le mélange d'acide sulfurique et d'alcool est abandonné à froid pendant une durée suffisante, un nouveau constituant apparaît dans le mélange en équilibre, mais son apparition est plus rapide si l'on peut élever la température.

Si le sulfate diméthylique ainsi formé s'élimine du système par distillation, l'équilibre est rompu et c'est sur cette rupture d'équilibre que repose pratiquement l'opération qui le fournit.

L'équilibre est modifié comme de coutume par la présence d'un excès d'un constituant, l'acide sulfurique, et c'est pourquoi l'opération est plus pénible en présence d'un excès de ce corps, soit qu'il préexiste, soit qu'il résulte normalement de l'opération.

3° L'alcool méthylique exerce sur le sulfate acide de méthyle et sur le sulfate diméthylique une action destructrice dans laquelle les groupes méthyle disparaissent sous forme d'éther oxyde de méthyle. Mais c'est surtout la première

$$SO^4H(CH^3) + CH^3OH = SO^4H^2 + (CH^3)^2O$$

qui, à propos de l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, intervient pour abaisser le rendement de l'opération en sulfate diméthylique. En effet, lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur le mélange en équilibre des quatre substances : acide sulfurique, sulfate acide de méthyle, eau et alcool, ce dernier réagit sur le sulfate acide de méthyle et fournit du gaz oxyde de méthyle qui s'échappe, entraînant de l'alcool méthylique et de l'eau, en sorte que le système s'appauvrit en groupes méthyle et s'enrichit en acide sulfurique. L'opération se poursuivant, on se trouve en présence d'un mélange d'acide sulfurique et de sulfate acide de méthyle dont la température peut atteindre et dépasser 140°, température à laquelle se forme rapidement le sulfate diméthylique. En poursuivant la chauffe vers 170°-180° jusque vers 210° il s'échappe par distillation et on l'extrait presque complètement, mais d'autant plus péniblement que l'excès d'acide sulfurique concentré est plus important.

D'autre part, avec une quantité initiale d'eau suffisante ou une quantité d'acide sulfurique insuffisante, la première partie de l'opération dans laquelle les groupes méthyle s'éliminent à l'état d'alcool et d'oxyde de méthyle prend une telle importance qu'on peut la considérer comme une préparation de ce gaz. Donc nécessité d'employer un certain excès d'acide sulfurique, excès qu'il faut éviter d'exagérer pour la raison indiquée plus haut : les proportions indiquées par Dumas et Péligot sont ainsi pleinement justifiées.

Dès lors, si l'on se propose d'améliorer le rendement de la préparation du sulfate diméthylique, il ne peut plus être question d'y parvenir par une modification des proportions des deux corps réagissants. Il faut éviter la présence de l'eau et l'excès d'alcool : de là la nécessité de renoncer à l'emploi d'acide sulfurique et de lui substituer son anhydride ou tout au moins un oléum riche en anhydride.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge et les conditions de formation des lignites de Voglans dans la région de Chambéry.* Note [1] de MM. **J. Révil** et **P. Combaz**, transmise par M. Kilian.

L'âge des lignites exploités à Voglans, près Chambéry, vient d'être remis en question par M. Ch. Gorceix, dans une Note récente communiquée à l'Académie [2].

Considérés tout d'abord comme préglaciaires par Ch. Lory et L. Pillet, qui avaient observé de la moraine au-dessus des alluvions formant le toit de la couche exploitée, ces lignites furent regardés comme *interstadiaires* par MM. Ch. Depéret, W. Kilian, J. Révil et J. Vivien, par suite de la découverte de blocs erratiques alpins et de *cailloux polis* et *striés* dans l'argile qui se trouve au mur de cette même assise de lignites. M. Penck, qui a visité le gisement sous la conduite de l'un de nous (J. Révil), s'était rallié à cette manière de voir qui fut confirmée par M. Kilian, lequel attribua à la *récurrence néo-würmienne* les moraines qui surmontent les alluvions lignitifères à Voglans, à Sonnaz et à la Boisse, sur le versant droit de la vallée de Chambéry, ainsi que celles du Trembley et de Servollex, sur le versant gauche; les lignites se trouvaient aussi attribués à l'*Interglaciaire* qui a précédé immédiatement la récurrence néo-würmienne dans cette partie du massif alpin.

Or, en se basant sur le fait que la couche exploitée est loin d'être horizontale et parce que « nulle part les *parties reconnues* n'ont de moraine au-dessus », M. Gorceix a cru pouvoir conclure « que leur formation avant le Néo-Würmien qui, jusqu'ici, était supposé les recouvrir de ses moraines, n'est plus prouvée »; il en déduit « qu'elles remonteraient seulement à l'époque post-glaciaire », c'est-à-dire qu'elles se seraient déposées *postérieurement à la dernière glaciation locale.*

Ces dernières vues de M. Gorceix, allant à l'encontre de l'opinion exprimée par la plupart des observateurs modernes, une visite au gisement en question s'imposait, d'autant plus que de nouveaux travaux y ont été effectués récemment. En suivant la coupe publiée par M. Gorceix, et qui accompagne sa Note, on peut faire les observations suivantes :

1° De l'entrée de la mine (282^{m}) au sommet de la falaise (338^{m}) affleure le cailloutis torrentiel cimenté, par places, à la base. Ce cailloutis forme un replat incliné vers l'Ouest de 338^{m} à 356^{m}. Vers 356^{m}, apparaît la « moraine » typique, avec *blocs erratiques* et *cailloux polis* et *striés;* elle est très visible sous la croix (point coté 383^{m}) par où passe la coupe figurée par notre con-

[1] Séance du 6 octobre 1919.

[2] Ch. Gorceix, *Constatation d'un mouvement isostasique post-glaciaire dans la région de Chambéry* (*Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1879).

frère; la bosse qu'elle constitue dans la topographie se prolonge au Nord jusqu'à la cote 400 et au Sud sur une étendue dépassant 1^{km}. Elle se trouve à environ 500^{m} de distance de l'entrée de la mine, c'est-à-dire à peu près *sur la verticale atteinte par une récente avancée de la galerie d'exploitation des lignites;* elle y surmonte nettement et directement le cailloutis torrentiel. La moraine se superposant donc au cailloutis qui, lui-même, repose sur la couche de lignite, est, par conséquent, nécessairement *plus récente que le lignite,* et c'est là un fait d'observation *absolument indiscutable.* Même constatation peut être faite près du village de Sonnaz (Sud) où l'on voit la moraine reposer sur le cailloutis, ici cimenté en poudingue, qu'elle ravine.

Il existe d'ailleurs du Glaciaire sur toute cette terrasse, que nous avons explorée avec soin : à Chambéry-le-Vieux, à Caramoyne, à la Boisse, à Beauvoir, près de Chambéry. Des travaux effectués il y a quelques années, sous la direction de M. Devaux, près de la gare, ont en outre mis à découvert une couche de lignite de $0^{m},60$, sous-jacente au cailloutis et à la moraine.

2° M. Gorceix situe le lignite « à flanc de coteau, dans des rentrants des versants actuels » ; il fait passer entre Voglans et Sonnaz une voûte urgonienne, prolongement « ennoyé » de l'anticlinal de Voglans.

Or, si aucune observation n'établit que cette voûte, qui se termine *périclinalement au Nord,* finit de même au Sud, *rien ne prouve non plus* qu'elle se prolonge très loin dans la direction de Lémenc [1], comme l'auteur paraît l'indiquer.

Cette incertitude impose une grande prudence dans les conclusions qu'il convient de tirer en ce qui concerne l'age des assises lignitifères.

En effet, si cette voûte existait réellement, la continuité du gisement de lignite affleurant sur les deux versants de la colline se trouverait détruite. On aurait alors affaire à *deux dépôts* effectués dans *deux cuvettes distinctes.* Par suite, il n'y aurait aucune signification à attacher à leur différence de niveau, à Voglans 382^{m} et à Sonnaz 317^{m}. Celle-ci peut d'ailleurs encore s'expliquer par la différence des conditions de sédimentation qui régnaient de part et d'autre. Rien ne justifie plus dans ce cas l'hypothèse séduisante d'un plan changé en « surface cylindroïdale » grâce à un soulèvement post-glaciaire (conséquence de l'isostasie) du centre de la chaîne.

Or toutes les coupes, qu'ont publiées divers auteurs, de la terrasse qua-

---

(1) La voûte de Voglans est *urgonienne;* celle de Lémenc est *jurassique;* impossible de les réunir sans un relèvement notable de la première, alors qu'en réalité tout indique que ce dôme se comporte comme celui de la Roche du Roi, près d'Aix, c'est-à-dire se termine aussi périclinalement au Sud.

ternaire des environs de Chambéry, au Tremblay, à Servollex, à Voglans, à Sonnaz, à la Croix-Rouge, à la Boisse, concordent entre elles et montrent la même série. Il y a donc lieu de croire que, bien qu'affectant des épaisseurs variables, *la couche de lignites est continue*. Quant aux différences de niveau, aux points exploités, elles s'expliquent tout naturellement par des *ondulations* qui, à la suite du tassement des couches, accidentent d'habitude tous les dépôts meubles de ce genre. On en voit en effet de semblables dans les lentilles de sables qui s'intercalent à diverses hauteurs dans le cailloutis torrentiel sus-jacent aux bancs exploités. Il n'est donc pas nécessaire de recourir à l'hypothèse de « soulèvements isostatiques », d'ailleurs plausible, pour les expliquer.

On a ainsi de sérieuses raisons de craindre que la conception ingénieuse de M. Gorceix soit aussi discutable que celle qui faisait déboucher le Fier prewürmien dans la cuvette du Bourget et dont des études récentes [1] ont mis en évidence le caractère essentiellement hypothétique.

PÉTROGRAPHIE. — *Succession de roches éruptives anciennes dans le désert arabique.* Note de M. J. BARTHOUX.

Mes Notes antérieures à 1914 [2], présentées ici même, ont décrit les roches éruptives du désert Arabique. A ce moment-là, il m'était difficile d'établir leur succession, mais des explorations postérieures, de 1911 à 1914, m'ont permis de mettre au point cette partie de mes recherches qui restait obscure.

Toutes les roches grenues anciennes sont liées à des formations schisteuses dont il ne reste plus que des lambeaux épars dans la chaîne schisto-cristalline et dont la superficie s'étend au fur et à mesure que l'on avance au sud du désert.

Ces schistes n'ont donné jusqu'ici aucun fossile, mais ne sont pas cependant azoïques, car des microorganismes, en forme de corne d'abondance, y apparaissent parmi les galets formant les *brèches vertes universelles*. Ils sont donc postérieurs au Cambrien. En outre, ils étaient déjà émergés et même profondément arasés à l'apparition des grès de Nubie.

---

[1] W. KILIAN et J. RÉVIL, *Étude sur la période pléistocène dans la partie moyenne du bassin du Rhône* (*Ann. de l'Université*, t. 30, n° 2).

[2] Voir *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 867, 988; t. 151, 1910, p. 1138.

Or ceux-ci sont aturiens dans la région d'Assouan, où ils reposent sur une *pénéplaine* granitique; dans le Ouadi Arabah (rive africaine du golfe de Suez) et au Sinaï, les grès sont carbonifères; au Tassili, ils sont dévoniens. L'âge de ces schistes serait donc silurien et l'émersion de la chaîne dans laquelle ils apparaissent devrait être attribuée à des mouvements calédoniens.

Ces formations sédimentaires anciennes offrent également une grande analogie avec le Silurien de Bretagne par la disposition, au milieu d'eux, dans un même ordre de succession, de poudingues, de conglomérats, d'arkoses et de schistes rouges, analogie qui n'est d'ailleurs pas unique puisque les explorations de Legendre la signalent jusqu'en Chine méridionale.

Première série granitique. — Les roches grenues les plus anciennes sont représentées par des galets formant les conglomérats, appelés improprement *brèches vertes universelles* ou *polygéniques*, par les archéologues qui en ont donné les premiers la description.

Les éléments de ces conglomérats atteignent 50^{cm} à 60^{cm} de diamètre au nord-ouest de Koçéir. Par ailleurs, ils se réduisent à la taille de menus galets, tandis qu'ils se mélangent à une proportion variable de galets schisteux verts ou noirs.

Je n'ai trouvé qu'en deux endroits les affleurements de ce granite : au O. Schait (24°37′ lat. N., 34°6′ long. E.) et au Sinaï (O. Baba : 29°4′ lat. N. 33°22′ long. E.).

Ces granites anciens sont faciles à reconnaître au milieu des autres, par leur patine noire, leur apparence stratiforme, leur dureté accrue par l'enchevêtrement des lamelles d'amphibole actinolitique. Enfin le quartz y est laiteux, légèrement bleuté.

Ces granites sont antérieurs aux schistes, car, en aucun point du contact, ils ne les métamorphisent ni n'émettent parmi eux aucun de ces filons si nombreux partout ailleurs dans les autres gisements de granite.

Première série dioritique. — Dans les conglomérats, les éléments roulés de ce granite sont accompagnés de microgranites, de rhyolites, de diorites, et d'abondants éléments de projections andésitiques, de lapillis, et de cendres andésitiques.

Deuxième série dioritique. — Les diorites, forme de profondeur des andésites du G. Doukhan, s'élèvent parmi les schistes postérieurement à la

formation des brèches vertes. On distingue deux sortes de diorites : les unes à andésine, les autres à labrador. Des microdiorites les accompagnent; leur forme filonienne est représentée par les andésites d'une part, et les labradorites d'autre part.

C'est vraisemblablement à cette série qu'il faudrait rattacher les gabbros et les péridotites de l'île Zebirget, les diorites à bytownite des environs d'Assouan, mais aucune observation précise ne me permet de confirmer ces relations.

Syénite. — Les syénites d'Assouan, formant comme une énorme enclave de 3^{km}, dans les granites de cette région, et traversées par les filons de ceux-ci, me paraissent devoir être rattachées à l'époque de la mise en place des diorites; elles sont en tout cas antérieures au granite.

Deuxième série granitique. — Tout cet ensemble est traversé par des granites très variés qui forment la presque totalité des roches éruptives du désert Arabique. Ces granites métamorphisent plus ou moins les schistes et traversent tout l'ensemble précédent de leurs filons de rhyolites ou de diabases. On y distingue les variétés suivantes : *granite rouge* et *granite rose à allanite* (déjà décrits), *granite blanc* du G. Fatireh, *granite gris* du G. Doukhan, *granites porphyroïdes* de la région d'Assouan.

Pour compléter les documents précédemment publiés, voici les analyses de ces derniers granites :

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	TiO^2.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	P. F.	Total.	Classif.
Granite rose d'Assouan.	69,9	14,7	0,4	1,6	0,3	0,2	1,3	4,4	6,7	0,2	99,7	I.4.1.3
Granite blanc : Fatireh.	66,2	16,6	0,8	1,9	0,6	1,7	4,5	5,8	1,9	0,65	100,65	I,4,2.4

Les syénites néphéliniques à sodalite, dont j'examinerai ultérieurement l'âge et les relations pétrographiques, doivent être écartées de ces séries éruptives anciennes.

Il m'est impossible pour le moment d'établir aucune relation génétique entre ces derniers granites, et je ne puis dire s'ils forment des massifs indépendants ou s'ils sont des formes de variation d'un magma unique. Il est toutefois à remarquer que les granites rose et rouge-brique à allanite sont toujours voisins.

En résumé, voici la succession que l'on peut établir : 1° granites, microgranites, rhyolites, diorites; 2° formation des schistes; andésites, entre les schistes et les brèches vertes; 3° série dioritique : diorites, labradorite,

andésite (porphyre rouge antique) [gabbros, anorthosite, dunite?]; 4° deuxième série granitique : granites, granulites, microgranites, aplites, rhyolites, diabases.

ZOOLOGIE. — *Nouvelle contribution à la faune ichthyologique du lac Tchad.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E. Perrier.

Il y a une vingtaine d'années, les Poissons de ce vaste bassin fermé, situé en plein cœur de l'Afrique, étaient complètement inconnus. Les documents rapportés au Muséum de Paris par les missions Foureau-Lamy (1898-1900), Chevalier-Decorse (1902-1904), Tilho-Gaillard (1906-1908), tous étudiés par moi (¹), m'ont permis, dans un ouvrage d'ensemble, paru en 1914 (²), de fournir pour le Tchad et ses tributaires un total de 66 espèces (³).

Depuis cette époque j'ai pu examiner de nouveaux matériaux adressés au Muséum de la région du Tibesti et du Borkou par le lieutenant-colonel Tilho et par le médecin-major Noël, et surtout du Gribingui (Haut-Chari) par l'administrateur Baudon (⁴). Le nombre des espèces actuellement connues du bassin du Tchad se trouve porté à 102, réparties en 46 genres et 17 familles. Étant donné l'intérêt qu'elles présentent au point de vue de la distribution géographique des Poissons en Afrique, je crois devoir en donner la liste complète :

Lepidosirenidæ : *Protopterus annectens* Owen.

Polypteridæ : *Polypterus bichir* Geoffr., *P. Endlicheri* Heck., *P. senegalus* Cuv.

Mormyridæ : *Mormyrops deliciosus* Leach, *M. engystoma* Blgr., *Petrocephalus bane* Lacép., *P. simus* Sauv., *Marcusenius Gaillardi* Pellegrin, * *Gnathonemus brevicaudatus* Pellegr., * *G. Baudoni* Pellegr., *G. senegalensis* Steind., *G. cyprinoides* L., *G. tamandua* Gthr., *Mormyrus Hasselquisti* C. V., *M. Jubelini* C. V., *Hyperopisus bebe* Lacép., * *H. tenuicauda* Pellegr.

Gymnarchidæ : *Gymnarchus niloticus* L.

Osteoglossidæ : *Heterotis niloticus* Ehrenb.

(¹) J. Pellegrin. *Sur la faune ichthyologique du lac Tchad* (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1343).

(²) *Les Poissons du bassin du lac Tchad*, Paris, 1914.

(³) J'y ai compris les espèces mentionnées dans une petite liste donnée par M. Boulenger (*Pr. Zool. Soc.*, Lond., 1905, p. 151).

(⁴) M. Baudon a envoyé également au British Muséum quelques échantillons étudiés par M. Boulenger (*Ann. Mag. Nat. Hist.*, 9ᵉ série, t. 2, 1918, p. 426).

PANTODONTIDÆ : *Pantodon Buchholzi* Peters.

CHARACINIDÆ : *Sarcodaces odoë* Bl., *Hydrocyon Forskali* Cuv., *H. lineatus* Blkr., *H. brevis* Gthr., *Alestes dentex* L., *A. baremose* Joann., *A. nurse* Rüpp., *A. macrolepidotus* Cuv., *Micralestes acutidens* Peters., *Ichtyoborus besse* Joann., *Nannæthiops unitæniatus* Gthr., *Distichodus altus* Blgr., *D. engycephalus* Gthr., *D. brevipinnis* Gthr., *D. rostratus* Gthr., *Nannocharax parvus* Pellegr., *N. fasciatus* Gthr., *N. elongatus* Blgr., *Citharinus citharus* Geoffr., *C. latus* M. T., * *C. distichodoides* Pellegr.

CYPRINIDÆ : *Labeo horie* Heck., *L. senegalensis* C. V., * *L. Tibestii* Pellegr., *L. coubie* Rüpp., * *L. chariensis* Pellegr., * *Barbus Foureaui* Pellegr., *B. holotænia* Blgr., *B. deserti* Pellegr., *B. chlorotænia* Blgr., *B. camptacanthus* var. *Cottesi* Pellegr., *B. perince* Rüpp., *B. pleuropholis* Blgr., *B. gribenguiensis* Pellegr., *B. anema* Blgr., * *B. Baudoni* Blgr., *B. Salessei* Pellegr., *Barilius Loati* Blgr.

SILURIDÆ : *Clarias anguillaris* L., *C. lazera* C. V., *C. Walkeri* Gthr., *Heterobranchus bidorsalis* I. Geoffr., *H. longifilis* C. V., *Eutropius niloticus* Rüpp., *Schilbe mystus* L., *Bagrus bayad* Forsk., *Chrysichthys auratus* Geoffr., *Clarotes laticeps* Rüpp., * *Gephyroglanis Tilhoi* Pellegr., *Auchenoglanis biscutatus* I. Geoffr., * *A. occidentalis* var. *tchadiensis* Pellegr., *Synodontis schall* Bl. Schn., *S. gambiensis* Gthr., * *S. Courteti* Pellegr., * *S. violaceus* Pellegr., *S. sorex* Gthr., *S. clarias* L., *S. batensoda* Rüpp., *S. membranaceus* I. Geoffr., *Mochocus niloticus* Joann., * *Andersonia Pellegrini* Blgr., *Malopterurus electricus* L. Gm.

CYPRINODONTIDÆ : *Haplochilus Hutereaui* Blgr., * *H. acuticaudatus* Pellegr.

OPHIOCEPHALIDÆ : *Ophiocephalus obscurus* Gthr.

ANABANTIDÆ : *Anabas congicus* Blgr., *A. Petherici* Gthr.

SERRANIDÆ : *Lates niloticus* L.

CICHLIDÆ : *Hemichromis fasciatus* Peters., *H. bimaculatus* Gill., *Astatotilapia Desfontainesi* Lacép., *Tilapia nilotica* L., *T. galilæa* Art., * *T. borkuana* Pellegr., *T. Heudeloti* A. Dum., *T. Zilli* Gerv., *T. melanopleura* A. Dum.

GOBIIDÆ : *Eleotris nana* Blgr.

MASTACEMBELIDÆ : *Mastacembelus Loennbergi* Blgr., * *M. Decorsei* Pellegr.

TETRODONTIDÆ : *Tetrodon fahaka* L.

Les familles les mieux représentées dans le Tchad sont les Siluridés (24 espèces), les Characinidés (21), les Cyprinidés (17), les Mormyridés (14), toutes figurant parmi les plus riches des eaux douces africaines. On remarquera chez les Siluridés l'abondance des Poissons du genre *Synodontis* (8 espèces) et parmi les Cyprinidés celle des Barbeaux (11 espèces). En ce qui concerne cette dernière famille, c'est une constatation des plus intéressantes, car en 1914 on n'en connaissait que trois espèces appartenant au genre *Labeo*. Par contre, les Cichlidés, si différenciés dans le Tanganyika, le Victoria et le Nyassa, restent relativement peu nombreux (9 espèces) et les Notoptéridés sont toujours absents.

Sur les 102 espèces actuellement signalées dans le bassin du Tchad, 59 lui sont communes avec le Niger, 56 avec le Nil, 41 avec le Sénégal, 38 avec le Congo et 10 se retrouvent dans le Zambèze et l'Afrique australe.

Le nombre des espèces spéciales au Tchad ([1]) s'est sensiblement accru, il passe, en effet, de 7 espèces à 17 espèces et une variété. C'est surtout dans le Haut-Chari, voisin du bassin du Congo, qu'ont été récoltées le plus de formes nouvelles pour la science ([2]).

De ces récentes constatations il n'en reste pas moins vrai que la faune ichthyologique du Tchad et de ses tributaires présente les plus grands rapports avec celle des bassins voisins : Niger, Nil, Sénégal, Congo. En effet, bien que riche et variée, elle est constituée surtout par des espèces à vaste distribution géographique et, contrairement à ce qui se passe pour les grands lacs de l'Afrique orientale, elle se fait remarquer par le nombre assez réduit des formes qui lui sont particulières.

CYTOLOGIE. — *La Cellule complexe symbiotique.*
Note ([3]) de M. F. LADREYT, transmise par M. Edmond Perrier.

Mes recherches sur l'évolution du chondriome, le rajeunissement cellulaire, la greffe nucléaire, etc., m'ont amené à émettre l'hypothèse que la cellule pourrait être un complexe symbiotique, c'est-à-dire un organite décomposable en plusieurs éléments symbiotiques d'organisation plus simple. Abstraction faite de ses inclusions paraplasmiques, la cellule comprend trois parties : le cytoplasme, le noyau, le chondriome, assez généralement considérées comme les trois membres d'un même organisme élémentaire; l'évolution des constituants cellulaires me paraît assez difficilement conciliable avec cette conception. Le cytoplasme, le noyau et le chondriome nous apparaissent plutôt comme des organites indépendants vivant en commun, et cela dans une liaison si étroite que la disparition de l'un d'entre eux entraîne fatalement la mort de la cellule : toute vie cellulaire paraît impossible sans un cytoplasme, un noyau et un chondriome. Un fait me paraît essentiel : dans certains cas, chondriome et noyau peuvent émigrer dans un cytoplasme étranger, s'adapter à ce milieu, « travailler » en fonction de ce milieu. J'ai montré ([4]) que, chez certains animaux, les adipocytes migrateurs présentent des mitochondries neuves destinées vraisemblablement à réapprovisionner en organites de synthèse les cellules carencées, et, en

([1]) Dans la liste ci-dessus, elles sont précédées du signe *.

([2]) Elles seront décrites dans le un autre Recueil.

([3]) Séance du 22 septembre 1919.

([4]) F. LADREYT, *Soc. de Biol.*, 12 avril 1919; *Bull. de l'Inst. océanographique*, 22 mai 1919.

particulier, les éléments reproducteurs; de même, la migration de leucocytes dans certaines cellules sénescentes, me paraît encore déterminée par la nécessité d'associer certains symbiotes qui, pris isolément, seraient impuissants à réaliser leurs fins. Il existe des liens indéniables entre ces deux phénomènes : dans le cas de nos adipocytes migrateurs, un élément carencé reçoit les organites de synthèse nécessaires à son évolution, et ces organites, ces symbiotes, s'adaptent si étroitement au milieu dans lequel ils ont émigré, qu'ils *travaillent* biologiquement en fonction des conditions physico-chimiques dans lesquelles ils sont placés; dans le rajeunissement cellulaire, les amibocytes diapédésés s'assimilent (*ad similare*) de façon si parfaite au protoplasme de la cellule hôte que le noyau leucocytaire revêt la même forme que celui de cet élément. Ces phénomènes me paraissent réaliser deux exemples typiques de symbiose harmonique où chacun des associés tire profit de la vie en commun.

Le rôle du leucocyte dans le rajeunissement cellulaire est difficile à préciser; toutefois, en comparant ce phénomène à certains faits d'observation, on peut entrevoir la solution du problème. L'hypothèse que le noyau leucocytaire est l'agent principal du rajeunissement nous paraît assez vraisemblable. Nous savons, par exemple, que l'œuf non fécondé meurt rapidement tandis que l'œuf fécondé reste vivant, ce qui revient à dire que les éléments chromatiniens du spermatozoïde sauvent la vie de l'œuf; d'autre part des expériences précises nous montrent que, chez certaines espèces, l'action fécondante du spermatozoïde peut être remplacée par des interventions physico-chimiques convenablement réglées, si bien que des œufs non fécondés se développent qui, laissés à eux-mêmes et soustraits à l'action des spermatozoïdes, n'auraient pu évoluer. Si nous ajoutons que le noyau paraît être l'organe essentiel des oxydations dans les tissus vivants, nous avons tout un faisceau de faits qui militent en faveur du rôle prépondérant joué par le *symbiote nucléaire* dans le rajeunissement cellulaire. Dans une cellule dont la sénescence nous est surtout révélée par la dégénérescence nucléaire, nous pouvons prévoir que les substances toxiques seront d'autant plus abondantes que sera moins actif le symbiote nucléaire, organe des oxydations et des phénomènes énergétiques qui en découlent; si un noyau neuf se greffe dans ce milieu, des oxydations énergiques détruisent les toxines accumulées, tandis que certains apports (fer, phosphore, etc.) permettent à la cellule de récupérer sa vitalité, comme l'introduction du noyau spermatozoïque ou une intervention physico-chimique avaient donné à l'ovule les moyens de réaliser ses fins. Ces observations nous montrent

que le noyau, organe symbiotique au même titre que le chondriome, est nécessaire à l'existence de l'ovule et de la cellule épithéliale puisque sans chromatine l'évolution de ces éléments est impossible. Mais puisque nous avons parlé de symbiose harmonique, nous avons l'obligation de montrer que le symbiote nucléaire ou mitochondrial trouve, dans le cytoplasme, dernier terme de l'association, tous les éléments nécessaires à son développement. L'évolution d'un noyau ou d'un chondriome isolés de tout cytoplasme nous paraît inadmissible; d'autre part, nous savons par les belles recherches de Guieysse-Pellissier que les masses chromatiques des polynucléaires ou des spermatozoïdes déjà parvenues à un certain degré de déchéance peuvent récupérer leur vitalité dans un cytoplasme étranger représenté, en l'espèce, par des cellules épithélioïdes et des cellules géantes; j'ai eu l'occasion d'observer des faits à peu près identiques en étudiant la genèse de certaines cellules géantes d'origine mycosique et je crois, avec Guieysse-Pellissier, que s'ils n'avaient pas rencontré ce nouveau protoplasme, les noyaux des éléments migrateurs n'auraient pu poursuivre leur évolution.

Conclusion. — La cellule paraît être un complexe symbiotique dont les éléments, cytoplasme, chondriome, noyau, forment une association harmonique où chacun des membres tire profit de la vie en commun.

PHYSIOLOGIE. — *Respiration dans l'air confiné.* Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

On se propose, dans cette Note, de rechercher les effets d'un air confiné, c'est-à-dire de la présence du *gaz carbonique*, sur la respiration.

D'après Paul Bert (1884), ce gaz exerce une action toxique violente; elle est *mortelle pour une teneur de* 30 *à* 35 *pour* 100 *dans l'air*, chose qui s'observe rarement et dans des milieux particuliers (fours à chaux, fosses, cuves à fermentation, grottes). Elle produirait un accroissement de la fréquence respiratoire, à laquelle succède un ralentissement, bientôt étendu aux battements du cœur. La mort termine ce syndrôme dans une véritable somnolence *d'anesthésie*.

Mais, généralement, le taux carbonique est tout au plus de 1 à 5 pour 100.

---

[1] Séance du 6 octobre 1919.

Ce sont les effets limités que, dans ces conditions, il détermine sur les agglomérations humaines que nous allons préciser, avec les moyens d'y remédier.

Observations. — On s'est servi de la technique décrite précédemment [1]. Et nous devons rappeler que, sous le nom de *coefficient hématopnéique*, il a été prouvé que la *quantité d'oxygène* utilisé par l'organisme se déduit de la ventilation et de la fréquence respiratoires par une *formule théorique*.

Appliquons cette méthode à une seule observation, mais complète.

Après respiration, *à l'air libre et au repos*, pendant deux minutes, on impose au sujet de respirer, également au repos et pendant le même temps, un air confiné contenant 2,60 pour 100 de gaz carbonique et 20 pour 100 d'oxygène.

Les résultats ont été les suivants :

	Ventilation en 2 minutes et à 25°.	Respirations par minute.	CO^2 pour 100.	O^2 pour 100.	$\frac{CO^2}{O^2}$.
Repos (air libre)...	$12^l,50$	16,4	4,10	5,10	0,80
Repos (air confiné).	$14^l,75$	16	5,30	5	1,06

Le coefficient hématopnéique, calculé sur ces données, a pour valeur $K = 1,065$. Il conduirait à une absorption d'oxygène en milieu confiné, égale à $5,10 \times 1,065 = 5,43$. L'expérience fournit seulement 5.

Remarquons que la valeur calculée 5,43 répond à un quotient respiratoire : $\frac{5,30}{5,43} = 0,80$, plus vraisemblable que le quotient trouvé 1,06. Mais pourquoi cette anomalie, ce désaccord entre le calcul et l'expérience ? C'est tout à fait aisé à expliquer.

L'*hypohématose* constatée provient de la moindre concentration de l'air inspiré en gaz oxygène; elle est de 20 au lieu d'être de 21 pour 100. Les $\frac{20}{21}$ de 5,43 donnent en effet 5,10, sensiblement le taux observé (5).

D'autre part, quels ont été les effets de l'excès de gaz carbonique inspiré ? Il a élevé la ventilation de $12^l,50$ à $14^l,75$, soit une augmentation de 18 pour 100. Et il a porté de 4,10 à 5,30 le taux de gaz carbonique expiré, soit un accroissement de 29 pour 100.

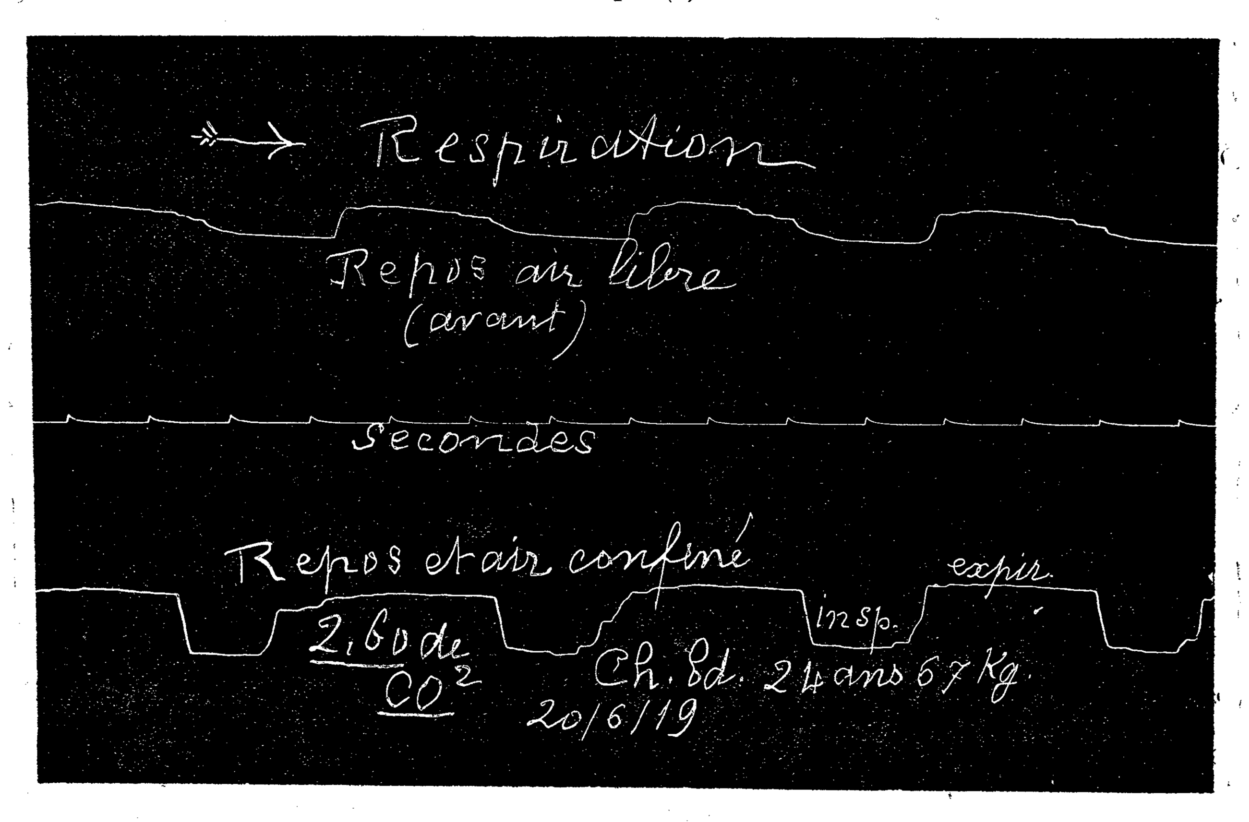
La conclusion est celle-ci : *L'hématose ne dépend que de la concentration du gaz oxygène dans l'air, et non de la présence du gaz carbonique. Celui-ci ne fait qu'augmenter la ventilation, tout en ralentissant le rythme respiratoire.*

---

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 828, 957 et 1219.

L'expérience nous avait montré (*loc. cit.*) que jamais la ventilation pulmonaire ne s'accroît de plus de 200 pour 100; c'est une limite extrême.

Si, comme dans notre exemple, on supposait un taux de gaz carbonique assez élevé pour déterminer un excès de ventilation de 200 pour 100, on serait conduit au taux de : $\frac{2,40 \times 200}{18} = 27$ pour 100. C'est-à-dire qu'il y aurait *essoufflement*, et menace d'asphyxie par l'air confiné, si ce dernier contenait 27 pour 100 de gaz carbonique (1). Paul Bert avait obtenu 30-35



pour 100 à cause de la résistance à la mort asphyxique par utilisation de la réserve d'oxygène des tissus.

Ainsi, *l'intoxication en milieu confiné résulte moins du défaut d'oxygène que de l'excès de gaz carbonique.*

C'est ce dernier qu'il faut chasser en renouvelant l'atmosphère, et c'est

(1) Nous prenons 2,40, alors que l'expérience indique 2,60, parce qu'il faut déduire la teneur normale de l'air pur, soit 0,2 pour 100.

pour l'éliminer de l'organisme que, sous l'influence réflexe du bulbe, la ventilation pulmonaire s'élève, et les périodes expiratoires s'allongent.

Mais, souvent, il y a diminution d'oxygène dans l'air confiné. D'où une hypohématose notable, et un retard des oxydations intraorganiques. On observe, en effet, que les respirations et les pulsations ont une *fréquence moindre;* la pression artérielle s'affaiblit, jamais ne se manifeste « l'accélération initiale » dont Paul Bert affirmait l'existence, du moins tant que le taux en gaz carbonique ne dépasse pas 5 pour 100.

C'est là, nettement démontré, un rôle *anesthésique*, et il est à croire que *l'anesthésie n'est rien d'autre que l'inhibition, ou simplement le ralentissement des oxydations cellulaires*.

La défense de l'organisme contre *l'intoxication carbonique*, par le réflexe nerveux expiratoire, est telle que les expirations persistent, longues et soutenues, plusieurs minutes après le retour à l'air libre (voir la figure). Il en est de l'état normal comme des états pathologiques; nous l'avons signalé pour les tuberculeux, en montrant que ce mécanisme nerveux défensif est une preuve du caractère *actif* de l'expiration ([1]).

La thérapeutique doit donc s'efforcer, par des *inhalations d'oxygène*, d'assurer l'hématose; et l'hygiène n'a pas d'autre moyen que de renouveler l'atmosphère des milieux confinés.

Conclusion. — L'influence d'un air confiné est double :

1° Il abaisse l'hématose et ralentit la vie cellulaire; d'où l'étiolement et l'asthénie des intoxiqués par gaz carbonique;

2° Il augmente la ventilation en approfondissant les respirations, et soutenant l'effort expiratoire pour mieux vider les poumons ; c'est un mécanisme nerveux de défense existant même chez les tuberculeux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la préparation et la conservation des sérums et vaccins par la dessiccation dans le vide absolu*. Note de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

La conservation de la pulpe vaccinale dans les centres vaccinogènes présente des difficultés très grandes de réalisation qui proviennent de la nature albuminoïde du produit et de la façon même dont on récolte le vaccin.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 252.

On se trouve en effet en présence d'une lymphe peuplée, dès son origine, de microorganismes divers que l'on ne peut détruire sans altérer, plus ou moins profondément, la matière vaccinale elle-même.

Les méthodes généralement en usage dans les instituts vaccinogènes sont basées sur le principe de l'arrêt de développement des germes microbiens. On a dans ce but préconisé l'emploi de substances antiseptiques comme l'acide phénique, l'acide salicylique, la glycérine, etc., associées ou non à la conservation de la pulpe dans les glacières.

La dessiccation a été recommandée par de nombreux auteurs, et en particulier par Reissner, comme un moyen de conservation efficace. Malheureusement, la technique de Reissner, qui consistait à dessécher la pulpe dans un dessiccateur, en présence d'acide sulfurique, fournissait une poudre incomplètement déshydratée qui, malgré tout, n'offrait pas les qualités de conservation et d'activité désirables.

Nos recherches sur la dessiccation dans le vide à l'aide de basses températures ont montré (1) toute l'importance qu'il y avait à solidifier les produits de la distillation afin d'éviter l'action nocive des substances absorbantes, comme l'acide sulfurique et l'acide phosphorique.

En agissant ainsi on ne risque plus la décomposition de la matière à dessécher, et la rapidité avec laquelle on atteint le vide absolu réduit dans une large mesure les causes d'altération dues aux genres microbiens.

Dans nos recherches sur la conservation des sérums (2) et des vaccins en particulier, nous avons montré qu'il ne suffisait pas de dessécher ces substances, mais qu'il fallait, pour en assurer la conservation, les soustraire totalement à l'action de l'oxygène et de l'humidité.

Nous avons donc préconisé le procédé de conservation de la pulpe vaccinale desséchée réduite en poudre très fine, enfermée dans des tubes en verre scellés sous le vide de Hittorf. Ce vide est réalisé aisément, comme nous l'avons montré, soit en suivant la technique de Dewar, soit en utilisant les pompes de Gaede ou de Pillon (3). Il importe seulement de maintenir notre appareil à condensation à une température inférieure à — 80° et de vérifier fréquemment le degré du vide dans tout le dispositif par le passage du courant électrique dans l'ampoule de Crooks.

Nous avons constaté que cette ampoule noircissait assez rapidement par

---

(1) D'ARSONVAL et BORDAS, *Comptes rendus*, t. **142**, 1916, p. 1058 et 1179; t. **143**, p. 567.

(2) BORDAS, LORTAT-JACOB et SABAREANU, *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*.

(3) BORDAS, *C. R. Congrès du froid* (Toulouse, septembre 1912).

suite de la volatilisation du platine. Il suffit pour éviter cet inconvénient de placer une soupape de Villard dans le circuit (¹).

Les nombreuses expériences pratiques qui ont été faites depuis plusieurs années avec des pulpes vaccinales desséchées et conservées dans le vide absolu ont démontré que cette méthode offrait toutes les garanties voulues et que la dessiccation était réellement le procédé de choix lorsqu'il s'agit d'expédier au loin, dans des régions chaudes du globe, des vaccins et des sérums (²).

On peut encore augmenter la sécurité du transport des tubes scellés contenant la poudre vaccinale en les isolant complètement du milieu extérieur. Nous avons préparé des tubes d'Arsonval-Dewar, de petites dimensions, pouvant contenir des doses de 5^g, 10^g et 15^g de pulpe desséchée dans le vide absolu. Dans ces conditions, les transports dans les régions torrides, où la température au soleil dépasse 55°, n'offriraient plus aucun inconvénient et la poudre vaccinale conserverait son activité initiale pendant plusieurs années, quelles que soient les conditions du milieu extérieur.

Ces avantages sont précieux, car ils nous permettent de ravitailler désormais, de façon économique, nos centres vaccinogènes coloniaux, sans avoir à craindre l'affaiblissement ou l'altération de la pulpe vaccinale.

M. **H. Lemercier** adresse un Mémoire intitulé : *Structure moléculaire des composés dérivés de l'urée* (³).

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

(¹) Bordas et Touplain, *C. R. Congrès du froid* (Paris, 1908).

(²) Wurtz et L. Camus, *Académie de Médecine*, juillet 1919.

(³) Séance du 18 août 1919.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Henneguy** donne lecture de la Notice suivante :

M. **Gustav Retzius**, doyen des Correspondants de la Section d'Anatomie et Zoologie, vient de s'éteindre le 21 juillet, à Stockholm, à l'âge de 77 ans.

Professeur d'Histologie à l'Université de Stockholm, il appartenait à une famille de savants qui ont honoré la science suédoise. Son grand-père, Johan Retzius, à la fois zoologiste, botaniste et minéralogiste, fit don à l'Université de Lund de sa précieuse collection d'histoire naturelle. Son père, Adolphe Retzius, bien connu par ses travaux sur l'anatomie des Poissons et ses recherches ethnographiques, fut professeur à l'École vétérinaire, puis à l'Institut carolin. M. Gustav Retzius était donc bien préparé, par l'hérédité et le milieu dans lequel il fut élevé, à devenir un des savants les plus éminents de la Suède.

Dès 1875 et 1876, il publiait, en collaboration avec Axel Key, un important travail intitulé *Étude sur l'anatomie du système nerveux et du tissu conjonctif* ne comprenant pas moins de 450 pages et 75 planches in-folio. Puis, avec le même luxe de planches et de figures d'une admirable exactitude, il publia seul, de 1881 à 1884, une étude magistrale, aujourd'hui classique, sur l'appareil de l'ouïe chez les Vertébrés. Depuis 1890 jusque dans ces dernières années, il fit paraître, sous le nom d'*Observations biologiques*, une série de remarquables recherches des plus variées qui ont principalement trait à la constitution du système nerveux chez les animaux inférieurs, aux terminaisons nerveuses dans les divers organes, à la constitution de la névroglie, à la structure de l'iris, des capillaires biliaires du

foie, des spermatozoïdes et des œufs, à la division cellulaire, à la structure du protoplasma. Dans sa longue carrière, il a abordé presque tous les problèmes les plus difficiles de l'Histologie comparée, apportant pour chacun d'eux une importante contribution de faits nouveaux. Il n'a cessé de se tenir au courant des progrès de la technique et à faire usage des nouvelles méthodes pour ses recherches délicates.

Dans cette œuvre considérable, les travaux relatifs au système nerveux et aux organes des sens tiennent la première place. M. Retzius a été, en effet, avec MM. Golgi et Ramon y Cajal, et Van Gehuchten, l'un des neurologistes qui ont le plus contribué à débrouiller la structure si complexe des centres nerveux et à établir la théorie bien connue du neurone, acceptée aujourd'hui par la grande majorité des biologistes. Il s'était attaché à montrer la généralité de cette théorie, en étudiant les types zoologiques les plus variés.

M. Gustav Retzius s'était acquis par ses travaux une notoriété mondiale. Il avait été nommé membre de l'Académie de Suède dès 1879 et appartenait à plusieurs Académies étrangères. Il était notre Correspondant depuis 1895.

En le perdant, l'Histologie perd l'un de ses représentants les plus éminents, et notre Académie l'un de ses correspondants les plus estimés.

ASTRONOMIE. — *Projet de classification* URANOGRAPHIQUE, *complétant les autres classifications aujourd'hui en usage.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Le besoin d'une classification de nos connaissances est aujourd'hui bien établi, notamment pour les Sciences pures; comme preuve on peut citer les diverses ententes internationales qui ont fait l'objet de la question.

Aucune des classifications naturelles proposées jusqu'ici, telles que celles de A.-M. Ampère, A. Comte, H. Spencer, etc., n'est parvenue à s'imposer; aussi a-t-il été nécessaire d'avoir recours à des classifications purement conventionnelles; et aujourd'hui deux surtout sont en vogue pour les Sciences : celle de l'*International Catalogue of Scientific Literature* et la classification dite *décimale*.

L'une et l'autre de ces classifications a une division *topographique*, permettant de désigner méthodiquement et en abrégé les diverses régions de la surface terrestre; mais aucune d'elles n'a de division *uranographique* pour désigner de même les diverses régions de la sphère céleste.

Cependant cette dernière division serait très utile, au moins pour l'As-

tronomie. En effet, certains astres, comme les étoiles variables, les étoiles doubles spectroscopiques, etc., sont désignés par une lettre et par le nom de la constellation.

Voyons à quels desiderata doit répondre cette classification uranographique :

Il est évidemment désirable qu'elle fasse connaître immédiatement la région du ciel qu'on a en vue; et ainsi on serait amené à diviser toute la surface céleste en grands quadrilatères, limités par des méridiens et des parallèles, remplaçant les constellations établies, comme l'avait proposé J. Herschel. Mais alors ces divisions dépendraient de la précession; et d'ailleurs il paraît aujourd'hui impossible de faire abstraction des constellations universellement admises. Pour cette raison, je propose de baser sur elles la nouvelle classification, en leur distribuant des numéros d'après les considérations suivantes :

Réservons les numéros simples 1 à 9 pour désigner les pôles, l'axe du monde, l'équateur, l'écliptique, etc., et commençons à 11 les numéros donnés aux constellations.

Divisons la surface céleste en 12 fuseaux horaires par 12 cercles horaires sensiblement équidistants, embrassant deux à deux les constellations écliptiques *Aries*, *Taurus*, ..., *Pisces*. On donnerait les n°s 11-19 aux constellations du fuseau d'Aries, 21-29 à celles du fuseau de Taurus, ..., et 121-129 à celles du fuseau de Pisces. En outre, dans chaque série, comme de 11 à 19, le numérotage irait en croissant du Nord au Sud, le nombre moyen étant celui de la constellation écliptique correspondante, de sorte que 15, 25, ..., 125 signifieraient Aries, Taurus, ..., Pisces.

Enfin, comme complément, on distinguerait ces numéros des autres nombres classificateurs en les plaçant entre ( ) et les affectant d'une étoile ou astérisque (*); les parenthèses pourraient être supprimées quand ces numéros ne seraient pas combinés avec les autres nombres classificateurs.

Il n'y a pas lieu ici de passer au numérotage des constellations, avant de savoir quelles objections peut soulever cette proposition; mais je veux seulement justifier, comme choix de base, les constellations écliptiques au lieu des constellations équatoriales.

D'abord les constellations écliptiques sont plus régulièrement réparties autour du ciel. Le Taureau et les Gémeaux, un peu éloignés de l'équateur, pourraient être remplacés respectivement par Orion et le Petit Chien; mais Orion surtout produirait un déplacement désavantageux en ascension droite. Tout au plus pourrait-on remplacer le Sagittaire par l'Aigle,

d'ailleurs sans grand avantage. Aussi paraît-il préférable de prendre pour base les constellations écliptiques.

On voit que ce numérotage, substitué aux noms des constellations, ferait connaître immédiatement l'ascension droite et la déclinaison approximatives de la constellation correspondante.

ÉLECTRICITÉ. — *Caractéristiques d'oscillation des lampes à trois électrodes utilisées comme générateurs d'oscillations entretenues.* Note de M. **André Blondel.**

L'étude du fonctionnement des lampes à trois électrodes utilisées pour la production des oscillations entretenues, basée sur la relation linéaire qui relie, entre certaines limites, le courant du circuit de filament à plaque de la lampe aux tensions de grille et de plaque, permet une mise en équation facile du problème; mais la solution est incomplète, car elle ne fait pas intervenir la courbure des caractéristiques de la lampe, qui joue cependant le rôle principal dans la limitation de l'amplitude des oscillations obtenues. Il est plus direct et plus général d'étudier, comme on va le faire, l'amorçage des oscillations et la stabilisation de leur amplitude en ramenant la théorie à celle des *caractéristiques d'oscillation*, par analogie avec la théorie déjà connue de l'arc chantant musical. On va montrer comment ces caractéristiques dynamiques peuvent se déduire par transformation graphique du réseau des caractéristiques statiques expérimentales connues reliant le potentiel U mesuré entre filament et plaque au courant de plaque I.

Chaque courbe de ce réseau correspond à une valeur particulière attribuée au potentiel de grille V. Contrairement à l'habitude, je porterai le courant I en abscisses et la tension U en ordonnées; la représentation est alors la même que celle employée pour l'arc électrique.

Considérons une lampe à trois électrodes alimentée par une batterie de pile et comprenant sur le fil qui va de la pile à la plaque deux bornes AB entre lesquelles est intercalé un circuit d'utilisation. Supposons qu'en l'absence de toute oscillation la grille soit soumise à une tension constante V_1 (nulle dans beaucoup de dispositifs) et la plaque à une tension U_1 par rapport au filament. Le point de fonctionnement de la lampe sur le réseau des caractéristiques statiques se trouve alors à l'intersection de la courbe cotée V_1 et de l'horizontale d'ordonnée U_1 (on obtient ordinairement V_1 et U_1 de telle sorte que le point M corresponde à un courant I_1 dans la lampe égal à la moitié de son courant de saturation).

Les oscillations de régime provoquées par une cause quelconque font naître un régime oscillatoire caractérisé par une variation i du courant plaque-filament (variation, en première approximation, sinusoïdale); une variation u de tension entre les bornes AB du circuit de plaque de la lampe; enfin, une force électromotrice nouvelle v dans le circuit filament-grille qui se superpose à V_1, et qui provient de la réaction d'une partie du circuit de plaque. Suivant le dispositif, v provient soit d'une induction mutuelle, soit d'un potentiomètre, soit des deux ensemble. Les conditions d'amorçage des oscillations exigent que v ait une grandeur et un sens convenables.

Le nouveau point régime de fonctionnement de la lampe sur le réseau des caractéristiques correspond alors à $(I_1 + i)$, $(V_1 + v)$ et $(U_1 + v)$; et le point M décrit ainsi une trajectoire que j'appelle la *caractéristique d'oscillation* correspondant au dispositif étudié; on peut la construire par points, comme il suit :

I. Supposons tout d'abord que la force électromotrice v soit proportionnelle à la tension v_1 $(v = -au)$. C'est par exemple le cas du dispositif bien connu composé d'une lampe à trois électrodes comprenant dans son circuit filament-plaque entre les bornes A et B deux circuits dérivés, formés l'un d'une capacité, l'autre d'une bobine de self-induction L et de résistance R. L'excitation de la grille se fait par induction mutuelle M, en prenant pour v une fraction $\frac{M}{L}$ de la tension alternative u qui prend naissance aux extrémités de la self-induction L (¹). On supposera tout d'abord que la résistance R est négligeable, c'est-à-dire que les forces électromotrices v et u sont rigoureusement en opposition de phase.

Pour une valeur donnée de la tension u aux bornes du circuit oscillant, le nouveau point de fonctionnement se trouvera ainsi à l'intersection de la courbe caractéristique statique cotée $(v_1 + v)$ avec $v = -\frac{M}{L}u$, sur le réseau

(¹) Pour l'exposé général de ces dispositifs, voir, par exemple, le récent article de M. Gutton (*Revue générale d'Électricité*, t. VI, 1919, p. 14). La fraction a du potentiel u nécessaire à l'excitation de la grille pourrait se prendre aussi aux bornes d'un rhéostat en parallèle avec la bobine de self-induction L, ou, même, sur une fraction de la capacité C. Dans ce dernier cas, v n'aurait pas le signe (—) convenable; il faudrait user d'un artifice (par exemple, employer une deuxième lampe excitatrice) pour inverser v. Cette inversion se fait de la façon la plus pratique dans l'excitation par induction en retournant bout pour bout l'enroulement excité par induction mutuelle, comme on le fait ordinairement.

des caractéristiques et de l'horizontale correspondant à cette tension u. En faisant varier u, on pourra tracer par points la caractéristique dynamique correspondant à ce mode d'excitation de la grille.

Cette caractéristique d'oscillation passe par le point M du régime statique. Grâce aux propriétés des caractéristiques statiques, elle présente au voisinage de ce point une partie sensiblement rectiligne à coefficient angulaire négatif [1], ce qui veut dire que la variance de i en fonction de u $\left(\text{c'est-à-dire } \frac{u}{i}\right)$ est négative. A mesure qu'on s'éloigne de M_1 par des valeurs positives ou négatives du courant i, la tangente trigonométrique à la caractéristique d'oscillation se rapproche de l'horizontale, atteint celle-ci, puis s'incline dans l'autre sens (avec un coefficient angulaire positif).

Les oscillations seront arrêtées dès que la caractéristique sera insuffisamment inclinée, c'est-à-dire quand le coefficient de variance de i en fonction de u sera insuffisant pour compenser l'ensemble des résistances qui s'opposent au passage des courants oscillatoires. Ces résistances comprennent d'une part la résistance ohmique R du circuit oscillant lui-même, et d'autre part une résistance fictive caractérisant l'effet des constantes du circuit oscillant et de celles de la lampe. Dans l'exemple simple rappelé ici, ces résistances ont pour expression, pour la partie rectiligne des caractéristiques (k coefficient d'amplification de la lampe, ρ sa résistance intérieure) :

$$R = \frac{L + kM}{C\rho}.$$

Pour cette même région rectiligne des caractéristiques statiques, le rapport $\frac{u}{i}$ a pour expression, en supposant que la lampe est réglée pour compenser juste l'ensemble des résistances :

$$\frac{u}{i} = \frac{L}{\rho(L + kM)} = -\frac{L}{\rho^2 CR}.$$

Supposons la résistance R nulle, la caractéristique d'oscillation devient

(1) On peut donner au rapport $\frac{M}{L}$ une valeur assez grande pour que le coefficient angulaire de cette droite devienne négatif. Si l'on appelle ρ le coefficient angulaire de la caractéristique statique, k le « coefficient d'amplification » applicable au voltage de grille, ce coefficient angulaire est évidemment $\rho + \frac{kM}{L}$.

verticale au voisinage de M, ce qui indique physiquement qu'aucun courant oscillatoire ne traverse la lampe. Le circuit oscillant, étant en résonance, agit comme un « bouchon » parfait. L'audion ne serait plus générateur (¹).

La résistance R de l'enroulement L a pour effet d'introduire dans la force électromotrice v une composante décalée par rapport à la tension u; cette nouvelle composante sera donc maximum quand u passera par zéro. La caractéristique d'oscillation sera ainsi dédoublée et le point figuratif décrira une courbe fermée, d'autant plus aplatie que R est plus faible, et qui se rapproche d'une portion d'ellipse pour la région rectiligne des caractéristiques.

II. On pourrait chercher à réaliser un dispositif dans lequel la tension alternative v de grille soit proportionnelle au courant i traversant la lampe ($v = + bi$). Cette proportionnalité pourrait, semble-t-il d'abord, être obtenue simplement aux bornes d'un rhéostat potentiométrique monté en série dans le circuit filament-plaque de la lampe; mais il est facile de voir qu'alors v agirait à contre-sens; la lampe contribuerait à amortir davantage les oscillations. J'ai tourné cette difficulté en excitant par le rhéostat potentiométrique mis en série dans le filament-plaque la grille d'une seconde lampe amplificatrice jumelée à la première, et qui agit en retour par un second potentiomètre sur la grille de la première et dans le sens convenable. L'ensemble constitue un audion à double régénération par rhéostats conjugués jouissant des mêmes propriétés que l'arc chantant.

Sa caractéristique d'oscillation, qui se confond alors avec sa caractéristique statique, s'obtient encore par points en reportant sur le réseau des caractéristiques statiques de la lampe pour une série de valeurs de i les points correspondant aux courbes cotées $(V_1 + v)$. Elle présente même allure et même propriété que la précédente.

Cet oscillateur présente cependant une particularité délicate : on ne peut plus, comme pour le précédent, le rendre à la fois amorceur d'oscillations et stable pour le régime continu. Il est nécessaire de le régler pour que la caractéristique d'oscillation soit légèrement inclinée au-dessous de l'horizontale, et de rajouter une faible excitation par induction, juste suffisante pour la rendre plongeante et permettre ainsi l'entretien du régime oscillatoire.

(¹) Ce résultat est d'ailleurs évident si l'on considère des énergies échangées entre le circuit et la lampe.

III. On vient de considérer deux cas particuliers d'excitation des audions générateurs; mais plus généralement, on peut avoir une excitation mixte de la grille, sous la forme suivante :

$$v = -au + bi \tag{1}$$

ou, sous la forme encore plus générale,

$$v = \varphi(u, i). \tag{2}$$

On pourra, dans ce cas général, tracer aussi la caractéristique d'oscillation par points en prenant la coupe de surface topographique par un plan $v = V_1$ (constante).

Une première série de lignes de niveau est celle de la surface des caractéristiques statiques habituelles dont l'équation générale est

$$X(i, u) = V_1. \tag{3}$$

Une autre série de lignes de niveau sera donnée par l'équation (2), dans laquelle on prendra pour v également la même valeur V_1. On obtient finalement un point de la caractéristique d'oscillation en prenant la rencontre des deux courbes données par les équations (2) et (3) et correspondant à une même valeur quelconque de la tension de la grille V_1. En faisant varier V_1, on aura autant de points que l'on voudra.

Dans le cas particulier où l'équation (2) est remplacée par l'équation (1), c'est-à-dire lorsqu'on a une relation linéaire entre v, i et u, les courbes de cette seconde série de lignes de niveau sont simplement des droites et l'équation (1) représente un faisceau de droites parallèles obliques qui remplaceront les horizontales qui servent dans le cas où l'on a simplement ($v = -au$) et les verticales dans le cas où v est proportionnel simplement à i ($v = bi$). Dans cette excitation mixte, il est encore nécessaire de régler le couplage pour que le dispositif soit stable pour son régime permanent, tout en étant instable pour le régime oscillatoire.

MÉTÉOROLOGIE. — *Remarque sur une Communication de M. le général Bourgeois.* Note de M. DE CHARDONNET.

L'intéressante Communication faite dans la dernière séance par M. le général Bourgeois ([1]), au sujet des tableaux du ciel destinés à la prévision

([1]) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 626.

du temps, est sans contredit importante, et paraît susceptible de généralisation. Ces images devraient être prises dans toutes les stations météorologiques aussitôt que le ciel présente une apparence intéressante : il faudrait y avoir toujours sous la main des plaques autochromes. En effet, la peinture à la main exige la présence d'artistes exercés assistés de météorologistes, et prend un temps assez long durant lequel l'apparence du ciel varie. Les observations relevées de cette manière sont d'ailleurs difficilement comparables, en raison du coefficient personnel différent pour chaque peinture. La méthode dont M. le général Bourgeois a fait un si bon usage pendant la guerre deviendrait, à la longue, extrêmement coûteuse.

Avec les plaques autochromes, toutes ces difficultés disparaissent. Il n'y a pas, d'ailleurs, à craindre le peu de netteté ou l'instabilité des images. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques vues du ciel, prises en Italie et en France il y a 10 ans. Elles sont malheureusement d'un format restreint, mais nettes et bien conservées.

M. **Bigourdan** présente une brochure qu'il a publiée sous ce titre : *Les premières Sociétés savantes de Paris au* XVIIe *siècle et les origines de l'Académie des Sciences*. Après avoir rappelé particulièrement les Conférences du Bureau d'Adresse, commencées en 1629, et dont nous avons les comptes rendus, il établit que les réunions tenues chez le P. Mersenne remontent à 1635.

En 1657 commencèrent les séances de l'Académie de Montmor, qui doit être considérée comme le berceau de l'Académie des Sciences, car elle avait un règlement, un bureau et un secrétaire perpétuel (Sorbière) qui rédigeait régulièrement les procès-verbaux.

L'Académie des Sciences se rattache directement à elle; et il n'est pas inutile de rappeler ce qu'écrivaient les contemporains : « Elle est, disent-ils, la Mere de toutes celles qui se sont formées depuis sa naissance dans ce Royaume, en Angleterre, ou dans les Païs-bas... elle eust l'honneur de recevoir des complimens de celle de Londres... », fondée un peu plus tard.

Colbert s'en inspira pour son projet d'une vaste Académie qui ne fut pas réalisée, mais dont les débris constituèrent l'Académie des Sciences.

Le rôle de Colbert est particulièrement à rappeler en cette année 1919, qui est celle du troisième centenaire de sa naissance.

M. Georges Charpy présente la sixième édition des *Leçons de Chimie à l'usage des élèves de Mathématiques spéciales* qu'il a publiées en collaboration avec M. Henri Gautier et qui sont éditées par la maison Gauthier-Villars.

M. Lecointe et ses deux collaborateurs, MM. Pelseneer et Swarts, font hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Conseil international de recherches. Assemblée constitutive tenue au Palais des Académies, à Bruxelles, du* 18 *au* 28 *juillet* 1919. *Compte rendu présenté à l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de dix de ses Membres qui feront partie de la *Commission supérieure des Inventions*, conformément au décret du 20 septembre 1919.

MM. Boussinesq, Émile Picard, Haller, Painlevé, Schlœsing, Le Chatelier, Lecornu, Maurice Leblanc, Rateau, Charpy réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

M. F. Widal est adjoint à la délégation de l'Académie aux fêtes de réinstallation de l'Université française de Strasbourg.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. P. Appell présente une Note de M. A. Petot, *Sur les turbines hydrauliques.*

(Commissaires : MM. Lecornu et A. Rateau.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le mythe des symbiotes, par M. Auguste Lumière. (Présenté par M. E. Roux.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégrales définies dont la partie décimale s'exprime à l'aide de nombres premiers.* Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Appell.

1. Considérons l'intégrale double

(1)
$$\mathrm{I}(p,q)=\int_0^\infty\int_0^\infty (v^q-v^p)\,u\,dz\,dt,$$

où u et v sont les deux fonctions de variables z et t

(2)
$$u=\frac{e^{-t}}{(te^{-z}-1)t},\qquad v=te^{-z}$$

et p, q deux nombres entiers donnés $(q>p>4)$. On a

$$v^q-v^p=\sum_{n=1}^{n=q-1}(te^{-z})^n e^{-t}-\sum_{n=1}^{n=p-1}(te^{-z})^n e^{-t}=\sum_{n=p}^{n=q-1}(te^{-z})^n e^{-t},$$

et comme

(3)
$$\int_0^\infty t^n e^{-t}\,dt=n!,\qquad \int_0^\infty e^{-nz}\,dz=\frac{1}{n},$$

on aura

(4)
$$\mathrm{I}(p,q)=\sum_{n=p}^{n=q-1}\frac{(n-1)!}{n}.$$

D'après le théorème de Wilson, la valeur $\frac{(n-1)!}{n}$ est, pour $n>4$, un nombre entier toutes les fois que n est un entier composé, et égal à $\mathrm{M}-\frac{1}{n}$ (où $\mathrm{M}=$ nombre entier) toutes les fois que n est un nombre premier.

On a donc

$$\mathrm{I}(p, q) = \mathrm{N} - \sum \frac{1}{n_i}, \tag{5}$$

où les n_i *sont les nombres premiers compris dans l'intervalle* $(p, q-1)$, et N désignant un nombre entier. L'intégrale I étant positive, on a ainsi le résultat suivant :

La partie décimale de l'intégrale $\mathrm{I}(p, q)$ *est égale à* $1 - \delta$, *où* δ *désigne zéro suivi, comme partie entière, de la suite des décimales de la somme* $\sum \frac{1}{n_i}$.

La partie décimale de la somme $\sum \frac{1}{n_i}$ peut donc se calculer à l'aide de l'intégrale $\mathrm{I}(p, q)$. Ce qui présente un intérêt particulier dans ce résultat, est le fait que l'intégrale I ne contient, en fait de paramètres, que les deux limites entre lesquelles sont compris les nombres premiers envisagés.

Pour que l'intégrale $\mathrm{I}(p, q)$ *soit un nombre entier, il faut et il suffit que l'intervalle* $(p, q-1)$ *ne contienne aucun nombre premier.* Il en sera, par exemple, ainsi pour

$$p = k! + 2, \qquad q = k! + k + 1,$$

où k désigne un entier arbitraire.

2. Comme l'on a

$$\mathrm{I}(p, q) = \int_0^\infty \mathrm{P}(t, p, q-1)\, e^{-t}\, dt, \tag{6}$$

où $\mathrm{P}(t, p, q)$ désigne le polynome

$$\frac{t^p}{p} + \frac{t^{p+1}}{p+1} + \ldots + \frac{t^q}{q}, \tag{7}$$

l'intégrale définie simple (6) jouit également de la propriété arithmétique précédente. Ceci n'est, d'ailleurs, qu'un cas particulier de la propriété arithmétique suivante de l'intégrale

$$\mathrm{H}(k, m) = \int_0^\infty \mathrm{P}(t)\, t^k e^{-t}\, dt, \tag{8}$$

où $\mathrm{P}(t)$ est le polynome

$$a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \ldots + a_m t^m \tag{9}$$

et k un entier positif donné plus grand que 4 :

Désignons par h zéro suivi, comme partie entière, de la suite des décimales de la somme Σa_n étendue aux indices n égaux aux nombres premiers compris dans l'intervalle $(k, m+k-1)$.

Toutes les fois que le produit $(n+k)a_n$ est, pour chaque coefficient a_n, un nombre entier (positif ou négatif), la partie décimale de l'intégrale $\mathrm{H}(k, m)$ *est égale à celle de h ou de $1-h$ suivant que l'intégrale est négative ou positive.*

Remarquons également que l'intégrale

$$\mathrm{L}(k, m) = \int_0^\infty \mathrm{P}(w)\, w^k\, dt,$$

où $w = te^{-t}$ (k étant un entier donné plus grand que 4) et $\mathrm{P}(t)$ étant le polynome (9), jouit de la propriété suivante :

Désignons par g zéro suivi, comme partie entière, de la suite des décimales de la somme $\Sigma(n+k)^{-(n+k+1)}a_n$ étendue aux indices n égaux aux nombres premiers compris dans l'intervalle $(k, m+k-1)$.

Toutes les fois que le produit $(n+k)^{-(n+k)}a_n$ est, pour chaque coefficient a_n, un nombre entier (positif ou négatif), la partie décimale de l'intégrale $\mathrm{L}(k, m)$ *est égale à celle de g ou de $1-g$, suivant que l'intégrale est négative ou positive.*

Le fait est la conséquence directe de la formule

$$\int_0^\infty (te^{-t})^n\, dt = \frac{(n-1)!}{n^n}$$

et du théorème arithmétique de Wilson.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur le mouvement d'un solide dans un liquide indéfini.* Note de M. G. **Kolossoff**, présentée par M. Appell.

Soient $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3$ les fonctions de la variable indépendante t, qui caractérisent le mouvement d'un solide dans un liquide indéfini,

$$2\mathrm{T} = a_1 x_1^2 + a_2 x_2^2 + a_3 x_3^2 + 2c_1 x_1 y_1 + 2c_2 x_2 y_2 + 2c_3 x_3 y_3 + b_1 y_1^2 + b_2 y_2^2 + b_3 y_3^2,$$

la force vive du corps, a_s, b_s, c_s $(s = 1, 2, 3)$ étant des constantes satisfaisant

aux conditions

$$(1) \qquad \frac{c_1 - c_2}{b_3} + \frac{c_2 - c_3}{b_1} + \frac{c_3 - c_1}{b_2} = 0,$$

$$(2) \qquad a_1 - \frac{(c_2 - c_3)^2}{b_1} = a_2 - \frac{(c_3 - c_1)^2}{b_2} = a_3 - \frac{(c_2 - c_1)^2}{b_3}.$$

Le problème du mouvement (en absence des forces accélératrices) se ramène à l'intégration des six équations suivantes :

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2 \frac{\partial T}{\partial y_3} - x_3 \frac{\partial T}{\partial y_2} = (c_3 - c_2) x_2 x_3 + b_3 x_2 y_3 - b_2 x_3 y_2, \\ \frac{dy_1}{dt} &= x_2 \frac{\partial T}{\partial x_3} - x_3 \frac{\partial T}{\partial x_2} + y_2 \frac{\partial T}{\partial y_3} - y_3 \frac{\partial T}{\partial y_2} \\ &= (a_3 - a_2) x_2 x_3 + (c_3 - c_2)(x_2 y_3 + x_3 y_2) + (b_3 - b_2) y_2 y_3, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned} \right.$$

admettant les trois intégrales de Kirchhoff

$$(4) \qquad x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1, \qquad x_1 y_1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 = \text{const.}, \qquad 2T = \text{const.}$$

Il s'ensuit des équations (3)

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}\left(y_1 - \frac{c_3 - c_2}{b_1} x_1\right) &= \left[\frac{(c_1 - c_2)^2}{b_3} - \frac{(c_3 - c_1)^2}{b_2} - \frac{(c_3 - c_2)^2}{b_1}\right] x_2 x_3 \\ &+ \frac{(b_1 - b_3)(c_3 - c_2)}{b_1} x_2 y_3 + \frac{(b_1 + b_2)(c_3 - c_2)}{b_1} y_2 x_3 + (b_3 - b_2) y_2 y_3. \end{aligned}$$

D'après (1)

$$(5) \qquad \frac{(b_1 - b_3)(c_3 - c_2)}{b_1} = \frac{(b_2 - b_3)(c_3 - c_1)}{b_2},$$

$$\frac{(c_1 - c_2)^2}{b_3} - \frac{(c_3 - c_1)^2}{b_2} - \frac{(c_3 - c_2)^2}{b_1} = -\frac{(c_3 - c_1)(c_3 - c_2)}{b_1 b_2}(b_1 + b_2)$$

et

$$(6) \qquad \frac{d}{dt}\left(y_1 - \frac{c_3 - c_2}{b_1} x_1\right) = \left[\frac{b_1 + b_2}{b_1}(c_3 - c_2) x_3 + (b_3 - b_2) y_3\right]\left(y_2 - \frac{c_3 - c_1}{b_2} x_2\right).$$

De la même manière

$$(7) \qquad \frac{d}{dt}\left(y_2 - \frac{c_3 - c_1}{b_2} x_2\right) = -\left[\frac{b_1 + b_2}{b_2}(c_3 - c_1) x_3 + (b_3 - b_1) y_3\right]\left(y_1 - \frac{c_3 - c_2}{b_1} x_1\right).$$

En multipliant (6) par

$$\frac{c_3 - c_1}{b_2}\left(y_1 - \frac{c_3 - c_2}{b_1} x_1\right)$$

et (7) par

$$\frac{c_3-c_2}{b_1}\left(y_2-\frac{c_3-c_1}{b_2}x_2\right)$$

et, en ajoutant, on trouve d'après (5) une quatrième intégrale du problème

$$(8)\qquad \frac{c_3-c_1}{b_2}\left(y_1-\frac{c_3-c_2}{b_1}\right)^2+\frac{c_3-c_2}{b_1}\left(y_2-\frac{c_3-c_1}{b_2}\right)^2=\text{const.},$$

et le problème du mouvement se ramène aux quadratures.

Comme cas particuliers signalons :

1° Le cas d'intégrabilité de M. Stekloff (*Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 1252)

$$b_1=A_1,\qquad b_2=A_2,\qquad b_3=A_3;$$
$$c_1=\sigma A_2 A_3,\qquad c_2=\sigma A_1 A_3,\qquad c_3=\sigma A_1 A_2;$$
$$a_1=\sigma^2 A_1(A_2^2+A_3^2),\qquad a_2=\sigma^2 A_2(A_1^2+A_3^2),\qquad a_3=\sigma^2 A_3(A_1^2+A_2^2).$$

2° Les cas d'intégrabilité de M. Liapounoff (*loc. cit.*, p. 1248)

$$b_1=b_2=b_3=A,\qquad a_1-\frac{(c_2-c_3)^2}{A}=a_2-\frac{(c_3-c_1)^2}{A}=a_3-\frac{(c_1-c_2)^2}{A}.$$

Les quatrièmes intégrales de M. Stekloff et de M. Liapounoff se déduisent immédiatement des intégrales (8) et (4). Au lieu de l'intégrale (8) nous pouvons prendre l'intégrale analogue

$$(9)\qquad \frac{c_1-c_2}{b_3}\left(y_2-\frac{c_1-c_3}{b_2}\right)^2+\frac{c_1-c_3}{b_2}\left(y_3-\frac{c_1-c_2}{b_3}\right)^2=\text{const.}$$

ou l'intégrale

$$(10)\qquad \frac{c_2-c_3}{b_1}\left(y_3-\frac{c_2-c_1}{b_3}\right)^2+\frac{c_2-c_1}{b_3}\left(y_1-\frac{c_2-c_3}{b_1}\right)^2=\text{const.},$$

qu'on peut obtenir de la même manière que (8), ou comme simples conséquences des intégrales (8) et (4).

MÉCANIQUE. — *Sur la résonance des conduites munies d'une poche d'air.* Note de M. A. **Foch**, présentée par M. Rateau.

Il résulte de la formule que j'ai donnée précédemment [1] qu'une conduite présentant sur son trajet une poche d'air peut avoir deux périodes propres pour une position et un volume donnés de cette poche :

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 569.

1° La plus petite correspond au cas où la poche coupe, en quelque sorte, la conduite en deux parties. Les deux tronçons de la conduite débitent à la fois dans la poche d'air ou bien reçoivent simultanément l'eau accumulée dans cette poche. Cette période est inférieure à $\frac{4L_2}{a}$, L_2 étant la longueur du tronçon aval et a la vitesse de propagation.

2° La plus grande période correspond au cas où le tronçon amont débite dans la poche et le tronçon aval; elle est supérieure à $4\frac{L_1+L_2}{a}$, L_1 étant la longueur du tronçon amont.

J'ai pensé que l'apparition de l'une ou de l'autre de ces périodes dépendait du régime de la conduite. Un phénomène analogue est présenté, en effet, par les tuyaux sonores où la variation de vitesse de l'air insufflé suffit à faire apparaître l'un ou l'autre des sons que peut donner l'instrument. Pour vérifier cette hypothèse, j'ai institué les expériences suivantes, suivant la méthode donnée par M. Camichel [1].

A l'extrémité aval d'une conduite de 80^{mm} de diamètre intérieur et de $183^m,68$ de long, était placé un robinet automatique : un indicateur Crosby enregistrait la pression à cette extrémité. En un raccord situé à $50^m,88$ de la chambre de mise en charge était installée une poche d'air près de laquelle était placé un deuxième indicateur enregistreur.

La poche étant remplie du volume d'air convenable, on faisait résonner la conduite, on mesurait le débit d'eau et l'on enregistrait les pressions à l'extrémité aval et à la poche d'air.

On observe les phénomènes suivants :

1° Pour les débits faibles :

A. A l'extrémité aval, il y a un phénomène analogue au doublement de la pression dans les tuyaux sans poches d'air; la pression varie depuis la pression atmosphérique jusqu'à une valeur largement inférieure au double de la pression statique.

B. A la poche d'air :

a. La pression varie de façon sinusoïdale, les surpressions maxima sont relativement faibles, de l'ordre du tiers ou du quart de la pression statique;

b. La période du phénomène est la plus petite des deux périodes possibles;

---

(1) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 224.

c. Quand le débit augmente, la période et les surpressions augmentent aussi, mais très légèrement.

2° Si l'on élève le débit, à partir d'une certaine valeur les phénomènes changent de caractère.

A. La pression au distributeur présente des minima supérieurs à la pression atmosphérique et des maxima très grands et très aigus, atteignant jusqu'à 5 fois la pression statique.

B. A la poche d'air :

a. La pression varie suivant une loi analogue à celle mise en évidence à l'extrémité aval. De plus, on observe parfois dans les maxima de surpressions des dentelures semblant correspondre à une vibration secondaire se superposant à la vibration fondamentale ;

b. La période est la plus grande des deux possibles : il y a donc débit du tronçon amont dans la poche d'air et dans le tronçon aval ;

c. Quand le débit augmente, les surpressions augmentent énormément, la période paraît augmenter légèrement.

Le Tableau ci-dessous donne pour une série d'expériences :

1° Le volume de la poche d'air (ramené à la pression atmosphérique) ;

2° Les deux périodes calculées dans l'hypothèse de $\gamma = 1$;

3° Les périodes observées, évaluées en centièmes de seconde, et les débits correspondants, évalués en cm³ : sec.

Volume V_0 en cm³.	Périodes (en centièmes de seconde) calculées.		Périodes observées.			
			Périodes.	Débit en cm³ : sec.	Périodes.	Débit en cm³ : sec.
355	34,50	66			68,3	(B)
450	36	69	31,2	(B)	71,50	40,50
490	36	70			72	85
685	37	76	36,80	(B)	78	75
780	37,50	78	35	85	82,50	10,20
875	38	82,50	36,3	57		
			35,2	2,73		
1060	38	86	38,50	8,9	90	117,50
1460	38,50	97	37	18	94	81,50 (A)
			39	58	105,2	90
1595	39	100	39,50	30,50		
3000	40	129	40	(B)	128	(B)
0	56,9		56,9	16,35		
			56.9	59		

A. Le débit n'a pu être exactement mesuré, un changement de régime s'étant produit au cours de la mesure.

B. Débit non mesuré.

OPTIQUE. — *Sur un système de pointage sur objectifs aériens* (Extrait). Note de M. A. **Bochet**, transmise par M. A. Blondel.

Les objectifs aériens sont caractérisés par leur mobilité en tous sens et à grande vitesse dans l'espace. Ils sont donc incomparablement plus difficiles à atteindre que les objectifs terrestres; aussi les moyens usités contre ces derniers se sont-ils montrés inefficaces.

Cela tient principalement à la disposition habituelle des organes de pointage des canons, mitrailleuses, projecteurs, écouteurs, lunettes, etc., qui comporte la rotation autour d'un axe vertical pour le pointage en azimut et autour d'un axe horizontal pour le pointage en site.

La vitesse angulaire ω qui doit être imprimée au système autour de l'un des axes pour suivre l'objectif est $\omega = \frac{V_n}{d}$, V_n étant la projection de la vitesse V de l'objectif à l'instant considéré sur la perpendiculaire au plan passant par l'axe considéré et l'objectif au point où se trouve ce dernier, et d la distance de l'objectif à l'axe.

Si α est l'angle que font entre elles les directions de V_n et de V, on a $V_n = V \cos\alpha$; donc $\omega = \frac{V\cos\alpha}{d}$.

Pour l'axe horizontal correspondant au pointage en site, la distance d est toujours supérieure ou au moins égale à l'altitude de vol h.

La vitesse angulaire ω ne peut donc dépasser $\frac{V}{h}$ correspondant au cas où $\alpha = 0$.

Pratiquement, cette vitesse angulaire est faible, et c'est pourquoi le pointage en site est toujours facile.

Pour l'axe vertical, au contraire, la distance d peut diminuer jusqu'à 0 si l'objectif passe au zénith.

Pour $\alpha > 0$, ω est alors ∞ et l'objectif ne peut être poursuivi.

$\alpha = 0$ correspond au cas où l'objectif se déplace dans un plan passant par l'axe vertical; il peut alors être suivi par une simple manœuvre en site.

En dehors de ce cas tout à fait exceptionnel, le pointage en azimut devient impossible lorsque ω atteint une valeur supérieure à celle que permet d'imprimer au système le mécanisme de pointage.

Il en résulte donc une zone morte délimitée par un cylindre ayant pour axe l'axe vertical considéré et un rayon correspondant à la limite pratique de la vitesse de pointage en azimut. C'est là un inconvénient capital, d'autant plus grave que la zone morte correspond à celle où l'objectif est le plus près pour une altitude donnée, le plus facile à observer et à atteindre.

Pour éviter complètement ce grave défaut, il suffit de disposer horizontalement l'axe fixe et de monter l'appareil de manière à ce qu'il puisse tourner autour de cet axe horizontal, puis d'un second axe perpendiculaire au premier. Dans ces conditions la vitesse ω autour de l'axe horizontal sera toujours inférieure à $\frac{v}{h}$ comme il a été vu précédemment.

Lorsque l'objectif est sur l'axe de visée qui est perpendiculaire en un point déterminé au second axe, la distance d entre l'objectif et cet axe est toujours $\geqq h$. En conséquence, la vitesse angulaire autour de l'un ou l'autre des deux axes considérés est toujours $< \frac{V}{h}$.

Le dispositif réalisé pour les projecteurs a consisté tout d'abord en un cadre tournant autour d'un axe fixe horizontal et portant le cylindre renfermant la lampe et le miroir, par des paliers alignés suivant une perpendiculaire à l'axe fixe. Pour éviter l'occultation aux faibles zites et obtenir des avantages de construction et d'installation, le cylindre a été monté sur un berceau cylindrique roulant sur quatre galets à axes horizontaux. Le berceau dont l'axe est ainsi horizontal et fixe entraîne le projecteur dans ses mouvements autour de cet axe. Indépendamment de ce mouvement, le cylindre du projecteur peut tourner autour d'un axe perpendiculaire à celui du berceau.

Afin d'éviter au pointeur la gêne résultant de la proximité du faisceau, la commande du projecteur se fait d'un poste suffisamment éloigné.

Ce poste comprend un levier de manœuvre qui entraîne le projecteur au moyen de poulies et de câbles disposés de telle manière que les déplacements angulaires en tous sens de ce levier sont reproduits exactement par l'axe du projecteur. En conséquence, lorsque l'axe du levier et celui du projecteur ont été disposés parallèlement l'un à l'autre, ce parallélisme se maintient dans tous les mouvements, et il suffit de diriger l'axe du levier sur un objectif pour l'éclairer. Dans la pratique, la divergence du faisceau compense toujours l'erreur de parallaxe. Ce dispositif permet donc d'atteindre aisément un objectif visible et de le suivre avec la plus grande facilité comme si le pointeur tenait en mains le faisceau même.

Quand l'objectif ne peut être distingué à la vue, il y a lieu de recourir à

l'écoute pour déterminer sa position. Un appareil d'écoute est alors installé à proximité du poste de manœuvre auquel ses indications sont transmises par commandes funiculaires à un répétiteur. Ce répétiteur fait mouvoir un repère sur une sphère de rayon r ayant pour centre le point d'articulation du levier de manœuvre. Lorsque l'appareil d'écoute suit l'objectif, le repère décrit sur la sphère la trace de la trajectoire de l'objectif. Toutefois, la position indiquée par l'écoute correspond à celle où se trouvait l'objectif quand le bruit perçu a été émis. Pendant la durée t de trajet du son, l'objectif animé d'une vitesse V_a a parcouru une distance $V_a t$. Si V_s est la vitesse du son, il faut donc prolonger la trajectoire donnée par l'écoute d'une longueur $\rho = r\frac{V_a}{V_s}$ pour obtenir sur la sphère le point correspondant à la position réelle de l'objectif, en supposant, pour simplifier l'exposé, qu'il se déplace lui-même sur une sphère concentrique à la sphère de rayon r. Le cercle de rayon ρ ayant pour centre le point de repère est donc un lieu géométrique de la trace correspondant au point où est l'objectif. La tangente à l'extrémité de la trace de la trajectoire en est un second lieu. En sorte que l'intersection de ces deux lieux est la trace du point correspondant à la position réelle de l'objectif. Il en résulte que, pour prendre dans le faisceau un objectif tenu par l'appareil d'écoute, il suffit de suivre avec l'extrémité du prolongement du levier de manœuvre le centre du cercle de rayon ρ, puis, au moment où l'on veut éclairer cet objectif, de continuer le mouvement dans le même sens, jusqu'à amener l'extrémité du levier sur la circonférence de rayon ρ. En démasquant alors le faisceau, l'objectif est éclairé. Comme le pointeur a précisément les yeux tournés dans la direction de l'objectif, il le voit aussitôt et peut le suivre sans peine. Alors que la prise d'un avion par un projecteur était d'une précarité telle que l'utilisation de ce puissant engin de défense avait dû être souvent abandonné, l'expérience a prouvé qu'avec les dispositifs qui viennent d'être décrits l'opération réussissait toujours parfaitement, alors même que l'avion ne se déplaçait pas sur la sphère envisagée pour simplifier l'exposé de la méthode. En ce cas, l'objectif n'apparaît pas juste au moment où l'extrémité du levier atteint la circonférence, mais il est toujours pris au cours du mouvement exécuté suivant la tangente à la trajectoire, au voisinage de cette circonférence. L'efficacité et la facilité d'emploi sont telles que, dès les premiers essais, un avion de bombardement peint en couleur sombre a été pris 33 fois, dans des conditions diverses, pour 33 tentatives exécutées par 12 pointeurs différents n'ayant jamais fait semblable manœuvre. Ces résul-

tats n'exigent pas beaucoup de précision pour les appareils et leur maniement. Cela tient à l'utilisation instantanée et continue, sans aucun temps mort, des indications de l'écoute pour la direction du faisceau. Tout se passe comme pour le cas d'un tir de rapidité infinie, de trajectoire rectiligne, de gerbe divergeant d'environ 40 millièmes, guidé par un très grand nombre d'indications de la direction convenable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Analyse d'essences allemandes d'aviation.* Note de MM. **G. Chavanne**, **L.-P. Clerc** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Analyse complète d'une essence allemande d'aviation. — Après avoir constitué un échantillon moyen d'essence allemande en réunissant les fractions correspondantes de six échantillons d'essence prélevés sur des avions on en a fait l'analyse complète par la combinaison de la distillation fractionnée et de l'emploi de la TCD avec l'aniline comme il a été exposé dans une Note antérieure.

Un premier fractionnement à intervalles de 5 en 5 degrés pour les températures intéressantes permet d'isoler les fractions renfermant les carbures aromatiques. La TCD prise pour chaque fraction avant et après nitration, permet d'en conclure :

Benzène	2,62	Carbures aromatiques 8,47 pour 100.
Toluène	4,25	
Xylènes	1,60	

On procède après nitration à un fractionnement plus serré que le précédent en tenant compte pour le choix des limites de fractionnement des températures d'ébullition des carbures cycliques saturés et aussi des carbures acycliques. En reprenant la TCD de chaque fraction et en la comparant à celle des carbures acycliques distillant dans l'intervalle considéré, on conclut à la composition suivante :

Cyclopentane	0,6	Carbures cycliques 40,0 pour 100.
Méthylcyclopentane	7,3	
Cyclohexane	6,2	
Diméthylcyclopentane	10,7	
Méthylcyclohexane	10,3	
Diméthylcyclohexane	4,9	

Par différence : Carbures acycliques 50,5 pour 100.

Ces résultats témoignent de la quantité considérable de carbures cycliques

saturés renfermés dans ces essences : le méthylcyclopentane et son isomère le cyclohexane y figurent pour des quantités comparables; le diméthylcyclopentane et le méthylcyclohexane, son isomère, y figurent pour des quantités également voisines.

Les fractionnements et mesures de TCD qui ont conduit à ces résultats numériques permettent d'autres conclusions. La composition de chaque fraction en carbure cyclique, d'une part, et en un mélange d'au plus deux carbures acycliques passant dans un intervalle donné d'autre part se trouvant connue on peut, par un calcul de règle de mélanges, fixer *la TCD globale des carbures acycliques et la TCD globale des carbures cycliques saturés*, la première en toute rigueur puisque la propriété est additive dans ce cas, la seconde avec une approximation moins parfaite.

On trouve ainsi pour la première valeur $T_A = 72^\circ$ et pour la seconde $T_C = 40^\circ$ qu'on ramène à $39^\circ,5$ pour tenir compte de l'imperfection de l'additivité.

Analyse sommaire des échantillons isolés d'essence allemande d'aviation. — Ayant ainsi solidement établi les valeurs $T_A = 72^\circ$ et $T_C = 39^\circ,5$ qui servent de bases à la méthode d'analyse sommaire des essences qui a été exposée dans une Note précédente, on a appliqué cette méthode aux échantillons d'essence d'avions allemands qui nous ont été adressés à fin d'analyse par la Section technique de l'Aéronautique.

Les résultats sont rassemblés dans le Tableau ci-dessous :

Numéro de l'essence.	Densité $\frac{4}{15}$		TCD		Carbures		
	avant nitration.	après nitration.	avant nitration.	après nitration.	aromatiques Ar.	cycliques C.	acycliques Ac.
2...	0,7245	//	51°	58°	8,3	38,9	52,8
3...	0,7246	//	50,7	58	8,6	38,8	52,6
4...	0,7111	0,7028	52,0	58,2	7,3	38,8	53,9
5...	0,7207	0,7144	51,8	58,5	7,9	37,7	54,4
6...	0,7212	0,7160	50,0	57	8,3	41,7	50,0
7...	0,7238	0,7146	49,8	57,6	9,2	39,7	51,1
8...	0,7214	0,7123	50,5	58	8,85	38,7	52,45
9...	0,7204	0,7120	50,1	57,4	8,6	40,5	50,9
10...	0,7238	0,7150	50,2	58,3	9,6	37,6	52,8
11...	0,7234	0,7160	50,0	56,8	8,0	42,5	49,5
12...	0,7214	0,7148	48,9	56,8	9,3	41,9	48,8
13...	0,7252	0,7160	49,3	56,4	8,4	43,4	48,2
14...	0,7300	0,7198	48,6	56,6	9,4	42,4	48,2
15...	0,7245	0,7147	49,4	57	9	41,4	49,6
16...	0,7237	0,7153	49,7	57,1	8,7	41,3	50,0
17...	0,7256	0,7147	48,4	57,1	10,1	40,9	49,0
18...	0.7207	0,7134	50,3	57,3	8,25	40,95	50,8
20...	0,7235	0,7155	49,5	57,4	9,55	40,05	50,4
21...	0,7229	0'7125	49,6	57,4	9,45	40,10	50,45
22...	0,7205	0,7126	50,2	57,1	8,4	41,4	50,2
Moy.	0,72265	0,7140	50,0	57,4	8,76	40,4	50,6

On voit que ces compositions ne s'écartent pas beaucoup de la valeur déterminée avec l'échantillon moyen, soit en arrondissant les chiffres :

	Pour 100.
Carbures aromatiques	10
» cycliques saturés	40
» acycliques	50

Cette régularité de composition correspond à la régularité que nous avons pu également constater dans les courbes de distillation. Ces essences allemandes, prélevées sur des avions de toutes marques et à des intervalles de temps assez éloignés, ont une régularité de composition sur laquelle nous avons appelé l'attention.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le peroxyde de benzaldoxime.* Note de M. **Paul Robin**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans un travail récent en collaboration avec M. J. Bougault [1], nous avons montré que la benzaldoxime oxydée par le mélange $(I + CO^3Na^2)$ donne une assez forte proportion de peroxyde de benzaldoxime. Notre attention s'est trouvée appelée ainsi sur ce corps : nous avons examiné plus particulièrement son dédoublement dans le benzène à l'ébullition et son oxydation par l'action prolongée du même mélange $(I + CO^3Na^2)$.

I. D'après Beckmann [2], le peroxyde de benzaldoxime, insoluble dans le benzène et le chloroforme, se dissout à l'ébullition en se décomposant; il se formerait ainsi de l'eau et de la diphénylazoxime :

$$C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown NO - \end{matrix}\begin{matrix} H\diagdown \\ ON\diagup\!\!\diagup \end{matrix}C.C^6H^5 = H^2O + C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NO\diagdown \\ \diagdown\; N\; \diagup\!\!\diagup\end{matrix}C.C^6H^5.$$

Nos résultats sont très différents de ceux de Beckmann; nous avons trouvé comme produits de décomposition, de la benzaldoxime et de la dibenzényl-oxoazoxime, 2^{mol} entrant en réaction :

$$2C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown NO - \end{matrix}\begin{matrix} H\diagdown \\ ON\diagup\!\!\diagup \end{matrix}C.C^6H^5 = 2C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown NOH\end{matrix} + C^6H^5.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NO\diagdown \\ \diagdown\; \underset{\underset{O}{\|}}{N}\; \diagup\!\!\diagup\end{matrix}C.C^6H^5.$$

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 341.
[2] *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. 22, p. 1592.

L'expérience a été conduite comme suit :

10g de peroxyde de benzaldoxime ont été mis en suspension dans 50cm³ de benzène. On a porté à l'ébullition avec réfrigérant à reflux jusqu'à dissolution totale, puis on a refroidi rapidement et divisé la solution en deux parties.

Dans l'une on a fait arriver du gaz chlorhydrique sec, ce qui a déterminé la formation d'un précipité abondant, qu'on a identifié avec le chlorhydrate de β-benzaldoxime.

La deuxième portion a été évaporée à siccité à froid. Pour y rechercher la dibenzènyloxoazoxime, nous avons utilisé la propriété que, en collaboration avec M. Bougault (*loc. cit.*), nous avons reconnue à ce corps, de donner avec l'iode un produit d'addition cristallisé, très peu soluble dans l'éther.

A cet effet, nous avons repris le résidu précédent par 20cm³ d'éther et nous y avons ajouté de l'iode excès. Nous avons obtenu le composé caractéristique en longues aiguilles brun-mordoré, d'où il a été facile de régénérer la dibenzènyloxoazoxime par l'action de l'hyposulfite de sodium.

II. Beckmann (*loc. cit.*) a montré que l'oxydation du peroxyde de benzaldoxime par les vapeurs nitreuses conduit au peroxyde de benziledioxime

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5C & \text{——} & CC^6H^5 \\ \| & & \| \\ NO & - & ON \end{array}$$

L'oxydation que nous avons effectuée par un réactif différent, l'iode et le carbonate de soude, nous a donné également un résultat différent : nous avons obtenu uniquement de la dibenzènyloxoazoxime accompagnée de ses produits de dédoublement.

L'opération a été conduite ainsi :

20g de peroxyde de benzaldoxime, délayés dans 200cm³ de benzène, ont été additionnés d'une solution de 80g de carbonate de soude cristallisé dans 300cm³ d'eau. A ce mélange, on a ajouté 80cm³ de solution d'iode (I + KI) au cinquième. Le tout était agité plusieurs fois chaque jour.

En raison de la très faible solubilité du peroxyde de benzaldoxime, la réaction marche lentement ; elle était encore incomplète au bout d'un mois. A ce moment, on a détruit l'excès d'iode par l'hyposulfite de sodium, et séparé 6g,50 de peroxyde non attaqué.

La solution benzénique, séparée par décantation, a été évaporée à froid dans un courant d'air, le résidu repris par l'éther, et la dibenzènyloxoazoxime isolée en utilisant sa combinaison iodée, comme ci-dessus.

GÉOLOGIE. — *Roches volcaniques crétacées d'Égypte et du Sinaï.* Note de M. J. Barthoux.

Entre la chaîne schisto-cristalline du Sinaï et les montagnes calcaires du Tih, qui s'étendent au nord, se présente une bordure gréseuse représentant la partie la plus ancienne des grès de Nubie. A cet endroit (O. Baba, O. Sick, O. Beda, O. Hamr), au nord et au sud du 29° de latitude N., les grès surmontent directement les granites et les schistes. Une large dépression, connue sous le nom de Debbet-el-Ramlah, les sépare au nord-est du plateau du Tih; de sorte que ces grès, très dénudés, deviennent faciles à étudier. On y distingue deux parties bien distinctes mises en évidence par les études géologiques de Barron [1] :

1° Les grès inférieurs westphaliens sont généralement de couleur rougeâtre et en bancs très variés; à leur partie supérieure se trouvent des calcaires carbonifères (moscovien) à *Orthis Michelini* découverts par l'*Ordnance Survey of Sinaï*. C'est à ce niveau que se trouvent également les dépôts-couches manganésifères.

2° Au-dessus, se développe une série de grès rose, d'un faciès plus régulier, surmontée au Tih par les calcaires cénomaniens à *Hemiaster cubicus*. Ce sont les grès à turquoise du O. Moghara, et ceux dénommés ailleurs grès de Nubie.

Basalte du Sinaï. — A la partie supérieure de ces grès, et 6^{km} au sud de la bordure cénomanienne, commencent à apparaître des lambeaux de coulées basaltiques en apparence interstratifiés dans leurs bancs et qui s'étendent sur une longueur de 15^{km} au sud-ouest. Ils couronnent les Gebels Haméïr, Serabit-el-Khadim, etc. Ce sont des basaltes doléritiques formés de labrador, d'une augite gris rosé et non polychroïque dont l'extinction croît de 2° du centre à la périphérie, de biotite et d'olivine. La magnétite et le rutile y sont rares.

L'absence de fossiles dans les grès de Nubie, en cet endroit, rend l'âge des basaltes difficile à préciser. Les limites extrêmes des grès roses dans lesquels ils s'étalent sont le Wesphalien et le Cénomanien; on peut cependant affirmer qu'ils se rapprochent davantage, par leur position, de cette

(1) *Topog. and geol. of the peninsula of Sinaï. Survey department of Egypt.* Cairo, 1907, p. 154 et suiv. Cartes.

limite-ci. Ils ne doivent donc pas être confondus avec les autres basaltes d'âge miocène que l'on rencontre aussi dans le voisinage.

Série volcanique du O. Natasch. — A l'est de Daraou, entre la haute Égypte et la mer Rouge, se trouve au nord et au sud du O. Natasch un lambeau très intéressant d'une série volcanique ancienne. Il s'étend sur une trentaine de kilomètres du nord-ouest au sud-est et une vingtaine de kilomètres en largeur. Situation : 24° 25′ latitude N., 34° 10′ longitude E. (Gr.). Il représente un lambeau, épargné par l'érosion violente de ces régions, d'un massif volcanique qui s'étendait jusqu'à la route de Koçeir (mer Rouge); cela représente une étendue approximative de 200^{km}. On y rencontre les roches suivantes :

Rhyolite. — En coulée rare. Roche grise, jaune ou rose, à phénocristaux d'orthose en partie albitisée, d'albite maclée suivant la loi de l'albite et de Carlsbad. La pâte microlitique montre des paillettes ténues de biotite noyées dans un agrégat d'orthose et de quartz.

Trachyte. — Il existe deux sortes de trachytes. Les uns sont des trachytes normaux, généralement gris violacé et porphyroïdes. Ils sont formés d'orthose d'oligoclase, très altérés, épigénisés par de l'albite et de la calcite. On y rencontre accidentellement des feldspaths basiques (bytownite).

Les autres, très répandus, sont des trachytes sodiques de couleur gris verdâtre ou violacée, ayant l'aspect de phonolites. Ils sont holocristallins, contiennent un peu d'apatite et de magnétite. Les feldspaths sont de l'oligoclase-albite, les éléments colorés de l'amphibole vert pâle et de l'olivine très ferrifère. En certains cas l'olivine disparaît, le feldspath est uniquement de l'albite; et lorsque les éléments colorés, augite et biotite, disparaissent, la roche devient une albitite. C'est le faciès bostonitique de ces roches.

Sölvsbergite. — Les cheminées en sont très abondantes. Leur diamètre varie d'une centaine de mètres à 3^{km}. Les filons sont plus rares et souvent leur section horizontale est arquée. Ces roches sont très répandues dans le désert et se rencontrent jusqu'à la route de Koçéir (G. Nahass). Elles sont formées d'albite en cristaux allongés, d'arfvedsonite et de sodalite. La néphéline s'y présente en cristaux automorphes. La roche passe à une microsyénite néphélinique, ou à une tinguaïte formée d'albite et d'augite verte. L'albite a une tendance à s'orienter et la néphéline à disparaître.

Andésite. — Roche noire, rougeâtre ou verdâtre, formée d'andésine ou phénocristaux noyés dans une pâte microlitique. Les éléments noirs ont dis-

paru. Il en reste de la limonite, des amas de pennine et de la calcite qui imprègnent la roche. Des trachy-andésites se présentent aussi parmi les coulées.

Basaltes. — Ces roches représentent le type ordinaire des basaltes; avec des phénocristaux de labrador, d'augite et d'olivine qui se retrouvent dans la pâte microlitique.

Examinée dans son ensemble, cette région se divise en trois secteurs, par la répartition des roches volcaniques.

1° Au Sud abondent les andésites; 2° au Nord-Ouest les trachytes; 3° au Nord, Nord-Est les trachytes sodiques. Les basaltes couvrent une surface en arc de cercle à l'Est de ce lambeau volcanique.

La forme de profondeur des trachytes alcalins et des sölvsbergites est représentée par la syénite néphélinique à sodalite du G. Abou-Khroug, que j'ai déjà décrite, et la microsyénite du G. Hadarba.

Age : Ces coulées sont intercalées dans les grès de Nubie, à une faible distance de granites, et recouvrent généralement les roches cristallines anciennes. Elles sont donc sensiblement à la limite de la période d'érosion qui a dénudé cette région. Leurs coulées se sont effectuées au début même de la période de dépôt des grès de Nubie en cet endroit. Dans l'O. Natasch se rencontrent les éléments d'une flore fossile, semblable à celle précédemment décrite dans les grès des environs d'Assouan [1] attribués à l'Aturien, et située au milieu d'un tuf trachytique, de sorte qu'il faudrait attribuer ces éruptions à la fin du Crétacé moyen.

Voici la composition des principales de ces roches, d'après les analyses que j'en ai faites :

SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	TiO^2.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	P. F.	Total.	Classification.	
70,5	12,9	3,1	0,2	0,4	0,2	1,2	6,4	3,25	1,55	99,7	I.4.1.4	Rhyolite
38,4	17,6	1,7	5,0	0,4	0,4	3,0	8,1	4,2	1,90	100,7	II.4.1.4	Trachyte sodique
64,9	19,2	0,2	—	1,5	0,2	0,5	7,25	5,95	0,5	100,2	I.5.1.4 (3)	Albitite
48,7	20,6	0,65	8.3	2,5	4,3	6,6	4,9	1,8	1,8	100,15	II.5.3.4	Andésite
45,0	18,8	—	9,9	3,7	5,6	7,8	5,65	2,4	1,6	100,45	III.4.2.3 (II.3.2.4)	Basalte

(1) J. Couyat et P.-H. Fritel, *Sur la présence de végétaux fossiles dans le grès d'Assouan* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 961).

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'une lentille de houille à Port-Gueydon.* Note [1] de M. **G.-B.-M. Flamand**, transmise par M. Ch. Depéret.

Il y a environ dix ans, j'ai étudié sur place un petit gisement de charbon qui se trouvait dans des conditions un peu particulières à Port-Gueydon (Azeffoun), Cap Corbelin, Mers-el-Fahm. Je tiens aujourd'hui à indiquer son importance très spéciale.

Aux environs de Port-Gueydon [2], on trouve :

1° Un peu à l'est, des argiles et des grès (Numidien inférieur) (e_a^3).

2° A l'est, des argiles schisteuses et des grès medjaniens (e^2).

3° Au sud, des argiles schisteuses et quartzites (Albien, Aptien) (c^{3-1}).

D'autre part, au nord, à 1^{km} environ de la ville, s'étend une petite baie limitée par une bande très étroite appartenant aux grès et marnes de Dellys (m^b). C'est au-dessus de ces grès et marnes de Dellys que se montre le charbon sur environ 3^m de largeur; il se développe sensiblement dans la direction Est-Ouest. Il n'y a plus de visible que quelques traces de charbon, d'autres ont été enlevées dans la baie pour les travaux du port.

Cette houille ne paraît pas du tout appartenir aux grès et marnes de Dellys (m^b) et semble provenir de couches profondes.

L'analyse [3] des échantillons a donné les résultats suivants :

	A (p. 100).	B (p. 100).
Humidité	1,05	1,15
Cendres	53,65	37,15
Matières volatiles	8,05	12,25
Carbone fixe (+ soufre)	37,25	49,45
Pouvoir calorifique : Fouille Lenoble	3960^{cal}	5390^{cal}
» Fouille Goutal	3940^{cal}	5380^{cal}

MM. Louis Gentil et Joleaud ont montré des faits analogues dans la région de Medjez-el-Bab (Tunisie). Il semble bien qu'on pourrait admettre avec eux que la houille de Port-Gueydon se rattache à la même série ancienne, c'est-à-dire au Houiller.

---

(1) Séance du 13 octobre 1919.

(2) E. Ficheur et J. Savornin, *Port-Gueydon, Azazga* (*Carte géologique détaillée de l'Algérie*).

(3) Analyse faite par M. Léonardo.

Il serait intéressant, dans l'avenir, de rechercher en certains points ces indications de charbon depuis Port-Gueydon jusque vers Tunis, et peut-être au delà.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de la respiration des cellules de la feuille avec l'âge.* Note (¹) de M. **Maurice Bézagu**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les divers physiologistes qui se sont occupés de cette question ont rapporté l'intensité respiratoire au gaz carbonique dégagé pendant une heure par 1^g de poids frais. Ils ont constaté ainsi que l'activité respiratoire allait en décroissant avec le développement de la feuille. Il en serait de même du rapport $\frac{CO^2}{O^2}$ dont l'étude a fait l'objet d'un travail récent de M. Nicolas [2].

Je me suis préoccupé, dans mes recherches, de rapporter l'intensité respiratoire, non plus au gramme-heure, unité purement physique, mais à l'unité physiologique et histologique, la cellule, respirant pendant une heure. Pour cela, j'ai rapporté la respiration à l'organe-heure, à condition de faire au préalable ces hypothèses :

1° Deux feuilles adultes d'une même espèce et de surfaces très sensiblement égales, ont le même nombre de cellules;

2° Ce nombre est le même que celui des feuilles jeunes, n'ayant pas encore atteint leurs dimensions définitives, mais dans lesquelles les divisions cellulaires ont cessé complètement. Cette dernière supposition est très vraisemblable, si l'on s'adresse à des espèces où l'observation montre que la feuille se développe très régulièrement et atteint, d'une manière constante, à l'état adulte, une surface sensiblement la même.

Mes expériences ont porté sur les feuilles de *Robinia pseudacacia*, *Pinus silvestris*, *Cobœa scandens*, *Ligustrum vulgare*, *Althœa*, *Loroglossum hircinum*, *Cercis siliquastrum*, et m'ont conduit aux résultats suivants :

1° L'intensité respiratoire de la cellule, très faible dans les cellules jeunes, va en croissant jusqu'à un certain maximum, qui correspond sensiblement au moment où la feuille atteint son plein développement; à mesure que la feuille vieillit, l'intensité respiratoire décroît.

Ainsi, à 20°, une feuille (6 folioles) de *Cobœa scandens*, pesant $0^g,105$,

---

(¹) Séance du 22 septembre 1919.

(²) Nicolas, *Revue générale de Botanique*, t. 30, n° 355, 1918.

dégage $0^{cm^3},147$, de CO^2; une feuille plus âgée, pesant $0^g,995$, dégage $0^{cm^3},499$; une feuille adulte pesant $1^g,757$ dégage $0^{cm^3},548$; enfin une feuille vieillie; de poids $1^g,512$, dégage seulement $0^{cm^3},453$. Les quantités de O^2 absorbé sont respectivement $0^{cm^3},143$; $0^{cm^3},626$; $0^{cm^3},703$; $0^{cm^3},629$; ce qui donne une courbe de même allure que celle du CO^2, avec un maximum au même âge.

De même, deux feuilles opposées de *Ligustrum vulgare*, prises à des nœuds différents, dégagent en une heure :

Pour un poids de $0^g,047$, $0^{cm^3},014$ de CO^2; pour $0^g,440$, $0^{cm^3},119$ de CO^2; pour $0^g,860$, $0^{cm^3},218$; et pour $0^g,972$, $0^{cm^3},186$.

En rapportant ces résultats au gramme, on peut vérifier les résultats connus, à savoir que l'intensité respiratoire décroît avec l'âge.

2° Le quotient respiratoire des feuilles, faible à l'état jeune, croît très rapidement jusqu'à un maximum; puis il s'abaisse très lentement jusqu'à l'état adulte; enfin, il continue à baisser régulièrement après que la feuille a atteint ses dimensions définitives.

Ainsi, dans mes expériences sur le *Robinia pseudacacia* $\frac{CO^2}{O^2}$ parti de 0,60 croît jusqu'aux environs de 1 (1,04 dans un cas; 0,99 dans un autre), puis décroît de quantités très faibles pour des feuilles prises à des nœuds successifs.

Dans le *Loroglossum*, il suit la même marche, mais son maximum n'est que de 0,68. Dans le *Ligustrum*, il est de 0,84.

Il y a donc un maximum dans la variation du quotient respiratoire, résultat qui jusqu'ici n'avait été mis en évidence par aucun auteur. Cela tient sans doute :

1° A ce qu'il n'avait pas été expérimenté sur des feuilles assez jeunes, seules capables de montrer la partie brusquement ascendante de la courbe représentative;

2° A ce que les auteurs n'ont d'ordinaire expérimenté que sur deux lots, l'un de feuilles jeunes, l'autre de feuilles vieilles, ce qui, pour chaque série d'expériences, ne donne que deux points, insuffisants pour déterminer une courbe.

Il importe de remarquer que les maxima respectifs de l'intensité et du quotient respiratoire correspondent à des périodes bien différentes de l'évolution de la cellule; le premier, en effet, est réalisé par des cellules foliaires ayant atteint complètement l'état adulte; tandis que le second se manifeste chez des feuilles très jeunes, dans le bourgeon ou peu après son épanouissement.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur un nouveau champignon du genre* Scopulariopsis *isolé d'un cas d'onychomycose*. Note (¹) de M. A. SARTORY, présentée par M. Guignard.

Poursuivant nos recherches sur les affections cryptogamiques des ongles humains, nous avons pu, tout récemment, déceler dans un cas d'onychomycose vraie un champignon inférieur nouveau appartenant au genre *Scopulariopsis* (²).

Aspect du parasite dans la lésion. — En pratiquant des coupes dans l'ongle du malade, dans les débris d'ongles coupés avec les ciseaux ou détachés par simple raclage avec un scapel et traités ensuite par la solution de potasse à 40 pour 100, nous constatons sur plusieurs points une infiltration de filaments irréguliers, grêles, larges de $2^{\mu},5$ à 9^{μ} et 10^{μ}, cloisonnés.

En faisant varier le champ microscopique, nous trouvons des formes de souffrance représentées par des chlamydospores de dimensions énormes, presque toujours terminales, rarement intercalaires, mesurant de 20^{μ} à 35^{μ} de diamètre. Quelques conidies sont présentes.

Culture du parasite. — Nous avons obtenu le parasite en culture pure en employant la méthode des boîtes de Petri et, comme milieu, le milieu de Raulin gélosé-maltosé.

Il végète bien également sur *pomme de terre ordinaire*, sur *pomme de terre acide*, *pomme de terre glycérinée*, *carotte*, *milieu de Sabouraud*, *bouillon gélatiné*; sur *liquide de Raulin acide ou neutre*, *saccharosé*, *glucosé*, *lacté*, *gélatosé* et *maltosé*. Il refuse de pousser sur *albumine d'œuf* et sur *sérum de bœuf coagulé*.

Caractères morphologiques du champignon. — Mycélium d'abord blanc, puis *jaune d'or*, de $0^{\mu},5$ à $1^{\mu},4$, très ramifié et ayant des tendances à s'agréger. Sur ce mycélium se dressent des conidiophores, parfois assez différenciés pour mériter le nom de *phialides*; ils se terminent par une pointe effilée sur laquelle naît un chapelet de conidies sphériques, *le plus souvent ornées*, mesurant de 3^{μ} à $4^{\mu},5$ de diamètre (température de $+37°$).

Dans les cultures sur gélatine, à $+22°$, nous avons pu observer, à côté des fructifications à conidies jaune d'or et échinulées, d'autres fructifications semblables aux précédentes quant à la disposition et à la forme générale de l'appareil conidien, ainsi qu'aux dimensions de leurs conidies, mais s'en distinguant par l'absence de coloration de ces conidies, qui présentaient en outre une surface lisse, ainsi qu'une grosse guttule centrale jaune. Nous avons aussi retrouvé ces fructifications particulières dans des cultures vieilles de *huit jours* et, de plus, il nous est arrivé de constater, dans une même chaîne conidienne, la présence de conidies à surface lisse, dans la partie la

(¹) Séance du 13 octobre 1919.

(²) Les matériaux nécessaires à nos recherches nous ont été fournis par M. le Dʳ J. Gratiot.

plus âgée, alors que les conidies les plus récemment formées étaient échinulées. C'est là un caractère que nous avons déjà signalé pour un autre champignon du genre *Scopulariopsis* qui fut isolé d'un pus de plaie de guerre.

Sur certains milieux et, en particulier, sur milieu maltosé-gélosé ou glucosé, on observe des vésicules volumineuses et sériées, intercalaires le plus souvent, quelquefois terminales. Certains de ces organes peuvent atteindre jusqu'à 130^{μ} de diamètre.

Caractères biologiques. — Le *Scopulariopsis* que nous étudions a son optimum cultural compris entre + 29° et 30°. A + 39° il cesse de végéter. Il liquéfie la gélatine *en moins de six jours; sur gélose*, nous ne remarquons aucune dislocation ni liquéfaction. Le lait n'est pas coagulé, même au bout de *quarante jours;* le sérum de bœuf coagulé n'est pas liquéfié, pas plus d'ailleurs que l'empois d'amidon.

Le glucose est dédoublé, le saccharose est consommé sans interversion. Le lactose, galactose et maltose ne subissent aucune transformation. Nous poursuivons à l'heure actuelle l'étude expérimentale de ce champignon et nous publierons prochainement en un Mémoire (avec planches) le résultat de nos recherches.

Notons que, déjà en 1910, Brumpt et Langeron décrivaient, dans un cas d'onychomycose, un *Scopulariopsis* : *Scopulariopsis brevicaulis* var. *hominis*. Nous avons décrit nous-même récemment [1] une variété du *Scopulariopsis brevicaulis* isolé dans huit cas d'onychomycose (classés par les cliniciens sous le vocable *onychogryphose*).

En résumé, le champignon qui fait l'objet de cette Note diffère de tous les *Scopulariopsis* isolés jusqu'ici de cas semblables. Nous le considérons comme une espèce nouvelle reconnaissable microscopiquement par sa belle couleur jaune d'or.

M. **Jean Bouchary** adresse deux Notes intitulées : *Sur les racines communes à plusieurs équations* et *Sur l'espace à* n *dimensions*.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

---

(1) A. Sartory, *Comptes rendus Soc. Biologie*, séance du 5 juillet 1919, t. 82, p. 808.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 OCTOBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — I. *Sur la stabilisation de l'acroléine* (¹). II. *Procédé empirique de stabilisation*. Note de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape**.

1. Lorsqu'on prépare l'acroléine suivant la méthode classique, en chauffant la glycérine avec un agent déshydratant (bisulfate de potasse, sulfate de magnésie anhydre, acide phosphorique, acide borique, etc.), on obtient un produit huileux jaune verdâtre, à réaction fortement acide, léger et mobile, mais dont la viscosité et la densité croissent rapidement et qui se transforme, dans l'espace de quelques jours, en une résine solide.

Après neutralisation immédiate, puis dessiccation et rectification soignée, l'huile brute précédente fournit l'acroléine pure (Eb. = 52°,4 sous 760^{mm}, D_{15} = 0,845), liquide incolore, qui donne spontanément et rapidement naissance au corps solide blanc insoluble appelé *disacryle* (²).

On observe que l'acroléine brute *neutralisée* se conserve mieux que l'acroléine brute acide ou que l'acroléine pure (³). En étudiant les condi-

(¹) *Erratum*. — Dans la Note précédente sur le même sujet (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 621), à la 5ᵉ ligne de bas en haut (au premier sous-titre), au lieu de *résine soluble*, lire *résine insoluble*.

(²) Sur les causes qui orientent la transformation de l'acroléine en résine insoluble (disacryle) ou en résine soluble, et sur les propriétés de ces deux produits de transformation, voir Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Les modes d'altération spontanée de l'acroléine* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 621).

(³) Pour être valable, cette conclusion doit reposer sur des mesures (densité, résidu de distillation) et non être déduite du simple aspect du liquide, car l'acroléine brute neutralisée se transforme souvent en résine soluble et non en disacryle, de sorte que le liquide conserve son aspect limpide.

tions de ce phénomène, nous sommes parvenus à obtenir empiriquement de l'acroléine brute susceptible de se conserver sans altération notable pendant plusieurs années.

2. Au cours de la déshydratation de la glycérine, il se produit, parallèlement à la réaction principale,

$$\underset{\displaystyle OH}{CH^2} - \underset{\displaystyle OH}{CH} - \underset{\displaystyle OH}{CH^2} = CH^2 \;=\; CH - CHO + 2H^2O,$$

de nombreuses réactions secondaires, donnant naissance à un mélange fort complexe de substances, la plupart mal définies et à points d'ébullition élevés. Volatils ou entraînables par la vapeur d'eau issue des réactions (ou éventuellement préexistante dans la glycérine), les nombreux produits secondaires formés se trouvent ensuite en dissolution dans l'acroléine brute.

Parmi ces impuretés, nous avons remarqué que les unes, si elles sont présentes en proportion suffisante, jouissent du pouvoir d'immuniser l'acroléine contre sa transformation en disacryle, tandis que les autres, même s'il n'en existe que des traces, provoquent plus ou moins rapidement sa transformation en résine soluble.

Le problème de la stabilisation empirique de l'acroléine revient donc à conduire la préparation de manière à introduire dans l'acroléine brute la proportion voulue des impuretés utiles, puis à éliminer les impuretés nuisibles.

a. La proportion efficace des impuretés stabilisantes est obtenue en soumettant à une condensation partielle le mélange global des vapeurs issues de la réaction, de telle sorte que ces vapeurs entrent ensuite dans l'appareil liquéfacteur (réfrigérant à eau très froide) à une température voisine de 70°. Dans ces conditions, une partie de l'eau et des produits secondaires à points d'ébullition élevés se trouvent séparés, et l'on entraîne, par la vapeur d'eau restante et avec la vapeur d'acroléine, la dose appropriée (environ 3 pour 100 en poids de l'acroléine brute) des substances stabilisantes [1].

Si les impuretés stabilisantes sont en proportion trop faible, l'acroléine brute se transformera en résine insoluble (disacryle); si elles sont, au contraire, trop abondantes, elles semblent favoriser la transformation en résine soluble.

b. Les impuretés nocives sont éliminées par agitation de l'acroléine brute avec

---

[1] Le mélange stabilisant ainsi introduit dans l'acroléine est très complexe, et nous pensons que le stabilisateur réel n'en constitue qu'une minime fraction.

10 pour 100 en poids de bicarbonate de soude sec (1). Après cette opération, l'acidité fixe (acidité totale diminuée de celle due à l'anhydride carbonique dissous) tombe à moins de 5 pour 100 de sa valeur initiale, et l'acroléine brute sensiblement neutre ainsi obtenue est pratiquement stable.

L'importance de cette opération ressort du Tableau suivant, qui résume l'évolution de la densité d'échantillons d'acroléine constitués par divers mélanges d'acroléine non neutralisée et d'acroléine neutralisée jusqu'à leur prise en masse gommeuse (2):

Composition de l'échantillon étudié.		Densité (à 15°)				
Acroléine brute neutralisée (pour 100).	Acroléine brute non neutralisée (pour 100).	initiale.	après 7 jours.	après 14 jours.	après 1 mois.	Prise en masse gommeuse après :
0	100	0,863	»	»	»	6 jours.
50	50	0,862	0,896	»	»	14 jours.
87,5	12,5	0,860	0,871	0,889	0,940	40 jours.
96,8	3,2	0,858	0,860	0,866	0,872	90 jours.
100	0	0,857	0,858	0,859	0,860	Excellente conservation.

3. La stabilité ainsi obtenue n'est toutefois pas absolue, elle ne persiste que si l'on maintient l'acroléine brute stabilisée à l'abri de l'air, de la chaleur et de la lumière. Malgré la présence du stabilisateur, ces trois agents d'altération déterminent la transformation de l'acroléine en disacryle. Il convient donc de conserver l'acroléine empiriquement stabilisée en récipients métalliques (fer, fer étamé) clos et d'éviter toute élévation exagérée de la température (température inférieure à 30°).

Si l'on observe ces précautions, l'acroléine brute stabilisée se conserve sans altération appréciable pendant fort longtemps. Voici, parmi les très nombreuses vérifica-

---

(1) Ce traitement constitue une neutralisation du produit brut, lequel est très acide, mais il est probable que cette neutralisation s'accompagne de la précipitation de certaines impuretés très actives au point de vue de la transformation en résine soluble (traces de sels métalliques, par exemple. Cf. Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *loc. cit.*).

Les auteurs qui, avant nous, ont préparé de l'acroléine en traitant la glycérine par le bisulfate de potasse ont généralement employé, pour neutraliser l'acroléine brute, de l'hydrate de plomb, ayant surtout en vue l'élimination de l'anhydride sulfureux, toujours très abondant avec le mode opératoire classique (ce gaz, extrêmement absorbable par l'acroléine, en détermine très rapidement la prise en masse gommeuse). Nous avons reconnu que le bicarbonate de soude sec est beaucoup plus efficace pour l'élimination des impuretés nuisibles.

(2) Pour ces mesures, les échantillons d'acroléine sont placés dans des dilatomètres jaugés et maintenus dans un bain à température constante (15°). Les variations de densités sont déduites des contractions du liquide déterminées à intervalles de 7, 14, 30, ... jours.

Chaque accroissement de la densité égal à 0,01 en valeur absolue correspond à une altération de 2,5 à 3 pour 100

tions que nous avons eu l'occasion de faire à ce sujet, quelques chiffres qui indiquent l'ordre de grandeur de la variation de la densité en fonction du temps :

Densité (à 15°) de l'acroléine brute stabilisée

initiale.	après 7 jours.	après 14 jours.	après 1 mois.	après 3 mois.	après 18 mois.
0,860	0,861	0,863	0,866	0,871	0,911
0,855	0,856	0,857	0,858	0,862	0,885
0,859	0,861	0,862	0,863	»	0,895
0,863	0,864	0,865	0,868	»	0,947

Ainsi, dans le cas le plus défavorable du Tableau ci-dessus, la proportion d'acroléine transformée en résine soluble est, après 18 mois, de l'ordre de 25 pour 100. Nous pouvons donc conclure à une excellente conservation du produit.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire d'*Organographie et de physiologie végétales*, déclarée vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, par arrêté en date du 31 juillet 1919.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Dr Apert, *L'hérédité morbide*. (Présenté par M. Widal.)

2° J.-B. Charcot, *Missions du « Pourquoi-pas? » en* 1912, 1913 *et* 1914. *États de services de ce navire de* 1908 *à* 1919. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres hypercomplexes à multiplication associative et commutative.* Note de M. **A. Chatelet.**

De nombreux auteurs, dont récemment MM. Cartan, Frobenius, Autonne, ont étudié les *systèmes de nombres hypercomplexes*

$$X = x_1 e_1 + x_2 e_2 + \ldots + x_n e_n, \tag{1}$$

où les x_i sont des nombres quelconques réels ou imaginaires, et les e_i des symboles vérifiant une loi de multiplication

$$e_p . e_q = \sum_i u_i^{(p,q)} . e_i. \tag{2}$$

Au sujet de recherches d'ordre arithmétique, sur les substitutions à coefficients rationnels ou entiers (mod p) et sur les nombres algébriques, j'ai été amené à étudier des systèmes de nombres hypercomplexes, où les x ne sont plus nécessairement des nombres, mais des éléments d'un *corps* quelconque R.

1. Je considère donc un « *corps* » R (au sens de Veber) (domaine orthoïde, ou pseudo-orthoïde, au sens de König), où la multiplication et l'addition vérifient les règles habituelles, avec existence d'un élément nul o et d'un élément unité 1; la division y est toujours possible, sauf par l'élément nul (pas de diviseur de o), mais p éléments identiques, non nuls, peuvent avoir une somme nulle. Dans un tel corps, les polynomes à plusieurs variables vérifient toujours les règles habituelles de divisibilité. J'admets en outre qu'on sait vérifier par un nombre fini d'opérations déterminées si un polynome de R est irréductible ou décomposable.

Le système ou « domaine » Ω des quantités hypercomplexes est constitué par tous les symboles de la forme (1), la multiplication des e étant définie par les formules (2) et les x et les u étant des nombres de R, qu'on appellera *scalaires*, par opposition aux X appelés hypercomplexes. On admet que l'un des X est égal à 1, de façon que le domaine Ω contienne le corps R. Enfin les u sont supposés tels que la multiplication des X soit associative, et même, dans la présente Note, *commutative*.

Dans ces conditions, on peut faire correspondre aux termes X des substitutions à coefficients scalaires d'ordre n permutables entre elles; aux opérations sur les X correspondent les mêmes opérations sur les substitutions et aux scalaires correspondent les « systèmes simples ». Réciproquement, l'étude d'un système de substitutions, à coefficients dans R, permutables entre elles, peut évidemment être considérée comme l'étude d'un système de nombres hypercomplexes.

Dans le cas où le domaine Ω ne renferme pas de diviseurs de o, on peut établir, en généralisant la propriété bien connue de Galois, que le corps Ω peut être engendré par les fonctions entières, à coefficients scalaires, définies au module $F(x)$ près, d'un élément I du corps, annulant lui-même le polynome F, à coefficients scalaires et irréductible dans R.

2. S'il y a dans Ω des diviseurs de o (qui multipliés par un terme convenable donnent o), il leur correspond des substitutions du déterminant nul.

On peut appeler « idéal » (ou sous-système invariant, d'après M. Cartan) un ensemble de termes de Ω, comprenant la somme et la différence de deux quelconques d'entre eux et le produit de l'un quelconque de ces termes par tout terme de Ω (¹). Un idéal est confondu avec Ω ou ne contient que des diviseurs de o. L'ensemble des multiples d'un diviseur de o est un idéal particulier qu'on peut encore appeler *principal*.

On peut répartir les termes de Ω en « classes » suivant un idéal A et définir des opérations sur ces classes.

Enfin un idéal A est dit premier s'il n'est inclus dans aucun o, ce qui revient à dire que toute classe, suivant A, contient au moins un terme non diviseur de o. Les classes, suivant A, considérées comme éléments, constituent alors un système de nombres hypercomplexes dans R, ne contenant pas de diviseurs de o, donc engendré par les fonctions entières de l'une d'entre elles, $f(\mathrm{I})$. $f(x)$ est un polynome à coefficients scalaires, défini à un multiple près d'un polynome $F_A(x)$, irréductible.

3. On peut établir que, dans Ω, il y a un nombre fini d'idéaux premiers $A_1, A_2, \ldots, A_k$ et tout autre idéal de Ω est contenu dans l'un d'eux au moins. L'idéal commun P est formé de tous les termes « pseudo-nuls » (ou nilpotents) de Ω, c'est-à-dire dont l'une des puissances est nulle. Les classes suivant P constituent un domaine S, à diviseurs de o, mais *décomposable* (au sens de M. Cartan) en domaines $S_1, S_2, \ldots, S_k$ sans diviseurs de o et dont la constitution est respectivement la même que celle des systèmes de classes suivant $A_1, A_2, \ldots, A_k$. Chaque terme de S est d'une seule façon la somme de termes de $S_1, S_2, \ldots, S_k$ et le produit de deux termes quelconques de S_i, S_j est nul.

4. On peut encore préciser ce résultat en montrant qu'on peut trouver des idéaux $B_1, B_2, \ldots, B_k$ inclus respectivement dans chacun des A et non dans d'autres, et n'ayant plus en commun que le seul terme nul. En opérant comme pour les A, on peut *décomposer* le système Ω lui-même en systèmes isomorphes (ou *homomorphes*) respectivement aux systèmes de classes suivant chaque B.

(¹) Cette définition a une analogie manifeste avec celle des idéaux de Dedekind. D'ailleurs, à un certain point de vue, ces derniers peuvent être considérés comme des cas particuliers de ceux introduits dans la présente Note.

Dans le cas où l'idéal A est principal, il en est de même de l'idéal B, qui en est une puissance $p^{\text{ième}}$. Les classes suivant B sont des fonctions entières de l'une d'elles $f(I)$; $f(x)$ défini à un multiple près de $[F_A(x)]^p$. Cette même circonstance se produira si l'on sait *a priori* que les termes de Ω sont des fonctions entières de l'un d'eux. Dans le cas général, l'arithmétique des termes de Ω est encore ramené (comme M. Cartan l'avait déjà établi pour le corps R des nombres réels) à l'étude de l'arithmétique d'un système indécomposable de nombres pseudo-nuls. Cette étude a été entreprise par M. Autonne, et elle ne présenterait dans le cas présent rien de différent.

5. Des considérations analogues peuvent être faites pour les corps constitués par des classes d'éléments dans le corps R, ou à un autre point de vue pour des corps à multiplication non commutative. Enfin tout cela est susceptible de nombreuses applications. J'espère avoir l'occasion de revenir sur ces divers points dont l'étude m'a paru féconde.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les représentations propres par quelques formes quadratiques de Liouville.* Note [1] de M. **E.-T. Bell**, transmise par M. G. Humbert.

Liouville dans son Journal, 1860 à 1864, a donné sans démonstration un grand nombre de formules relatives à $T(n)$, nombre total des représentations de n, et à $P(n)$, nombre des représentations *propres* de n, par des formes quadratiques à 4 et 6 indéterminées. Pepin s'est occupé (*Journal de Mathématiques*, t. VI, 1890) des $T(n)$; je trouve les $P(n)$.

Soit $f(n)$ une fonction de l'entier positif n, telle que $f(n) = (-1)^{\pi(n)}$, ou 0, suivant que n est ou n'est pas le carré d'un entier qui n'est pas divisible par un carré > 1, et $\pi(n)$ est le nombre des facteurs premiers distincts de n. Alors on voit sans peine que

$$P(n) = \sum_n T(d) f(\delta),$$

où $\sum_n$ porte sur tous les couples (d, δ) des diviseurs conjugués de n.

De là, en spécifiant toujours que $T(x)$, $P(x)$ doivent être remplacés

---

(1) Séance du 20 octobre 1919.

par o quand x n'est pas un entier > 0, je trouve la formule fondamentale

$$P(p_1^{a_1} p_2^{a_2} \dots p_r^{a_r} n) = \sum_n \left[\prod_{i=1}^{r-1}{}' \{ T(p_i^{a_i}) - T(p_i^{a_i-2}) \} . \{ T(p_r^{a_r} d) - T(p_r^{a_r-2} d) \} \right] f(\delta),$$

où n est premier à $p_1 p_2 \dots p_r$; le produit Π' est symbolique au sens qui suit : la multiplication entre [ ] faite, chaque produit, tel par exemple que

$$T(p_1^{a_1}) T(p_2^{a_2-2}) \dots T(p_r^{a_r} d),$$

doit être remplacé par la fonction T du produit des arguments de ses facteurs; ainsi

$$T(p_1^{a_1} p_2^{a_2-2} \dots p_r^{a_r} d).$$

Donc, si l'on connaît les $T(n)$, on peut en dériver très simplement les $P(n)$.

Toutes les formules $P(n)$ de Liouville se trouvent au moyen du cas spécial où $r = 2$ dans la formule générale. Pour ce cas il y a seize sous-cas, suivant que $a_1, a_2 = 0, 1, 2$, ou $a_1, a_2 > 2$; et ceux-ci donnent les théorèmes en question de Liouville.

Les $T(n)$ dont il s'agit s'expriment par six fonctions numériques, telles que

$$\omega_r(m, l) = \sum_m (d \mid l) d^r, \qquad \omega_r(\pm 2, m) = \sum_m (\pm 2 \mid d) d^r,$$

où m est un entier impair > 0, l un entier impair $\gtrless 0$, et $(a \mid b)$ est le symbole généralisé de Legendre. On peut décomposer chacune de ces fonctions en facteurs, et l'on a, pour le calcul direct des $P(n)$ par la formule fondamentale, des relations telles que

$$\sum_m \omega_r(d, l) f(\delta) = (m \mid l) m^r \prod \left[1 + (p \mid l) \frac{1}{p^r} \right],$$

où Π porte sur tous les facteurs premiers p, distincts, de m.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la viscosité des aciers aux températures élevées.* Note de **P. Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Comme l'ont établi les expériences de M. Bouasse [1], tous les métaux qui, à température ordinaire, sont du type à *frottement solide* se rapprochent

---

[1] H. Bouasse, *Sur les métaux du type visqueux* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1905).

du type *visqueux* à mesure que la température s'élève. Je me suis proposé d'étudier les conditions de ce changement dans le cas des aciers ordinaires et spéciaux. Ces recherches, poursuivies aux aciéries d'Imphy de la Société Commentry-Fourchambault et Decazeville, visaient un double but : préciser les conditions du recuit capable d'annihiler, dans une pièce d'acier, les tensions internes créées par la trempe et l'écrouissage; instituer une méthode d'essai permettant de comparer les viscosités à chaud des différents métaux, afin de découvrir des alliages conservant leur rigidité à haute température.

I. La technique expérimentale consiste à enregistrer sur une plaque photographique animée d'un mouvement de translation uniforme, la courbe qui exprime, en fonction du temps, l'allongement visqueux d'un fil métallique maintenu à température constante et chargé d'un poids. Le fil est protégé de l'oxydation par une atmosphère d'azote pur; la charge est imposée sans choc. Pour chaque métal, on exécute une série d'expériences en faisant varier l'état initial du fil (recuit, trempé, revenu), la température et le poids tenseur.

La figure 1 reproduit quelques courbes obtenues dans l'étude d'un acier autotrempant « nickel-chrome ». La vitesse d'extension $v = \frac{1}{L_0}\frac{\partial L}{\partial t}$ (L, longueur; t, temps), importante au départ, diminue au cours de l'essai; et, autant qu'on puisse en juger (les moindres écarts de température ayant une action notable sur la viscosité), les courbes tendent vers une inclinaison constante, à laquelle correspond une vitesse limite V. Mais, il importe de le remarquer, cette conclusion de mes expériences, qui ne mettent en jeu que de faibles allongements (atteignant au plus 2 pour 100), ne peut être généralisée au cas des extensions notables, modifiant d'une manière sensible la section du fil et l'état du métal.

C'est pourquoi, jusqu'à ce que de nouvelles expériences aient précisé la loi des extensions de grande amplitude, la vitesse limite V sera considérée simplement comme un coefficient empirique destiné à caractériser, dans chaque essai, l'intensité des phénomènes visqueux. Pour grouper les résultats relatifs à un métal, pris dans un état déterminé, il suffit de construire les courbes représentant, pour différentes valeurs de la charge, la variation thermique de la vitesse V. Les courbes de la figure 2, ainsi tracées, sont relatives à l'acier « *nickel-chrome* » *recuit à* 700°; elles font ressortir avec netteté comment une faible élévation de température suffit à

faire passer le métal, de l'état pratiquement rigide à l'état nettement mou; elles montrent aussi que la vitesse V, à une température donnée, croît beaucoup plus rapidement que la charge.

II. La rapide ascension des courbes V au delà de 500°-600° laisse

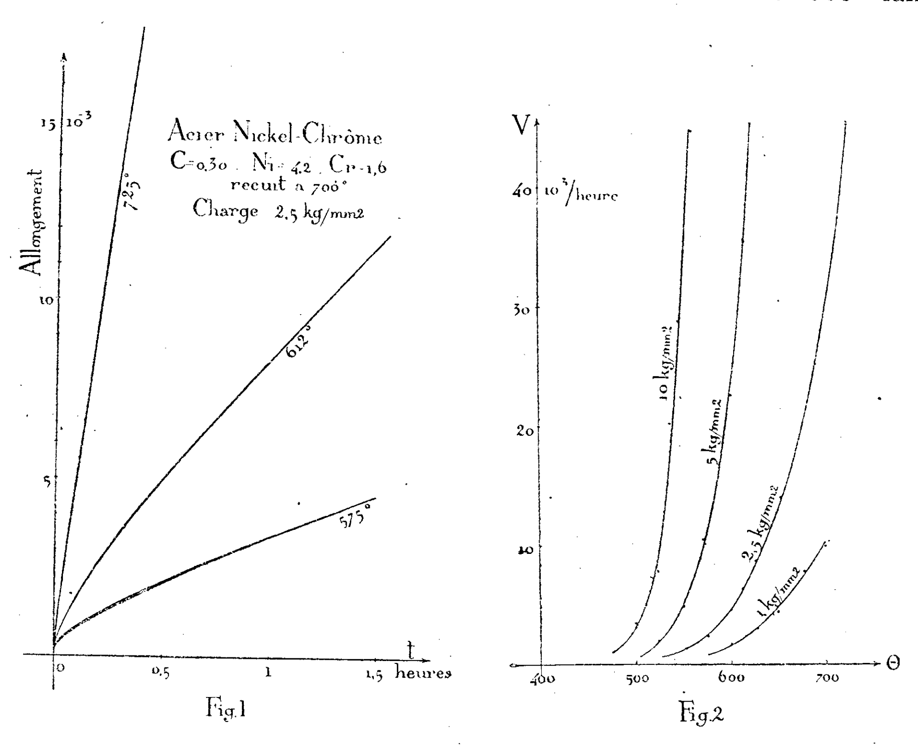


Fig. 1 Fig. 2

prévoir la prompte destruction des tensions internes, dès que la température de recuit atteint celle du rouge.

Pour préciser, cherchons suivant quelle loi décroît la tension initiale d'un fil, maintenu à une température où le métal est mou, quand, après l'avoir étendu, on l'abandonne à lui-même sous longueur constante. Pendant l'intervalle de temps dt, l'extension due à la viscosité $v\,dt$ compense la diminution de l'allongement élastique $\frac{dp}{\mathrm{E}}$ résultant de la réduction dp de la charge par unité de section p:

$$v\,dt - \frac{dp}{\mathrm{E}} = 0.$$

La solution de cette équation est la durée $t_{p_0}^{p_1}$ du recuit capable de ramener la tension, de la valeur initiale p_0 à une valeur donnée p_1. Le calcul rigoureux de la durée du recuit est impossible, tant à cause de l'incertitude

qui règne sur la valeur du module E aux températures élevées, qu'en raison de la complexité de la loi qui relie la vitesse d'extension à la tension et au temps. Mais pour obtenir *un ordre de grandeur du résultat*, j'ai admis pour E, entre 550° et 700°, une valeur moyenne de 15000 kg : mm²; en outre, j'ai supposé la vitesse d'extension visqueuse indépendante du temps et égale, dans chaque cas, à la limite correspondante V. Cette dernière hypothèse conduit, pour $t_{p_0}^{p_1}$, à une valeur approchée par excès :

$$t_{p_0}^{p_1} = \frac{1}{E}\int_{p_0}^{p_1}\frac{dp}{V},$$

dont l'expression peut être calculée à l'aide des données contenues dans les diagrammes tels que celui de la figure 2. (Il suffit de tracer la courbe auxiliaire exprimant, pour une valeur donnée de la température, la variation de $\frac{1}{V}$ en fonction de p.)

En appliquant cette méthode de calcul aux résultats expérimentaux relatifs à l'acier « nickel-chrome » *recuit à* 700° et *trempé à l'air*, on obtient les nombres suivants :

	t_{10}^{1} ($p_0 = 10$ kg : mm²; $p_1 = 1$ kg : mm²).	
Température.	Etat recuit à 700°	Etat trempé à l'air.
°	s	s
550	1020	»
600	200	250
650	74	84
700	38	38

Ainsi, pour tous les aciers proprement dits, ordinaires ou spéciaux, *les aciers rapides exceptés*, le revenu d'adoucissement, effectué dans les conditions usuelles (exposition d'une durée de quelques heures à 600°-700°, refroidissement moyennement lent), suffit largement à assurer la destruction pratique des tensions internes résultant des traitements thermiques et mécaniques antérieurs.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1919 *c* (Borrelly). Note de M. **H. Vanderlinden**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations suivantes ont été faites à l'équatorial de $0^m,38$ d'ouverture de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle, et sont publiées avec l'autorisation de M. le directeur G. Lecointe.

Dates. 1919.	★.	✶ — ★. Δα.	Δδ.	Nombre de compar.
		m s	′ ″	
Octobre 18........	1	+4.14,25	+1.12,7	25 : 5
» 22.........	2	+0.54,21	+0.58,3	30 : 6
» 23.........	3	+0.37,95	−1.44,9	25 : 5

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1919.	Temps moyen de Greenwich.	Æ appar.	log p_α Δ.	D appar.	log p_δ Δ.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Octobre 18.....	6.28.53	16. 0.52,62	9,536	+0.36.16,6	0,830
» 22.....	6. 6.56	16.11.49,14	9,521	−1,33.15,6	0,836
» 23.....	6.13.32	16.14.38,29	9,528	−2, 6. 8,9	0,837

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour le commencement de l'année.

★.	Æ moyenne.	Réduction au jour.	D moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
1....	15.56.36,18	+2,19	+0.35. 2,9	+1,0	A.G. Nic., 4035
2....	16.10.52,68	+2,25	−1.34.15,2	+1,3	A.G. Nic., 4090
3....	16.13.58,08	+2,26	−2. 4.25,4	+1,4	A.G. Nic., 4099 (milieu des 2 composantes)

Ces observations sont représentées par mon éphéméride (¹) comme suit :

	O. — C. Δα.	Δδ.
	s	′
Octobre 18..................	0	+0,8
» 22..................	0	+1,8
» 23..................	0	+1,0

Remarques. — Le 18 octobre, le noyau de la comète est peu net et l'éclat est difficile à estimer par suite de la présence de la brume. Les images sont stables, malgré la faible hauteur de la comète sur l'horizon.

Le 22 octobre, la comète apparaît comme une nébulosité de 1′ de diamètre et dont l'éclat global, estimé au chercheur de $0^m,08$, est de grandeur 8,2. Le noyau est assez net et de grandeur 9,0 environ.

Le 23 octobre, l'observation de la comète s'est faite à travers des nuages. Les pointés sont assez difficiles. La comète est rapportée au milieu des deux composantes de l'étoile de comparaison.

(¹) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 507, 508, 642, 643.

HYDROGRAPHIE. — *Application de la photographie aérienne aux levés hydrographiques.* Note de M. **J. Volmat**, présentée par M. L. Favé.

Sur l'initiative du Service hydrographique de la Marine, des expériences de photographie aérienne et des recherches en mer, pour l'exploitation des photographies, ont été effectuées de juillet à octobre 1919, aux abords de Brest, en vue de déterminer quels services pourraient rendre des clichés pris en hydravions dans les levés des cartes marines.

On a employé l'appareil de 26^{cm} de distance focale pour plaques de 18×24 utilisé aux Armées. Une ceinture de caoutchouc-mousse servait d'intermédiaire élastique entre la chambre noire et l'hydravion.

Les photographies ont été prises dans les conditions suivantes :

Dans la direction verticale, en vue de la facilité de la restitution et surtout pour obtenir un bon enregistrement du fond de la mer; *à haute altitude*, généralement à 2600^{m} (échelle $\frac{1}{10000}$), afin d'avoir sur la plaque le plus possible de repères pour la restitution; *avec des recouvrements de moitié*, en vue de l'examen stéréoscopique et de la facilité des raccordements; *au voisinage de la basse mer*, pour la recherche des hauts-fonds d'après les différences de teintes et pour la détermination des roches découvrant; *au voisinage de la mi-marée*, pour la recherche des hauts-fonds par l'effet des courants.

Comme nos expériences antérieures effectuées sur la côte sud de France l'avaient fait prévoir, la photographie aérienne se prête à une détermination rapide et exacte des éléments terrestres des cartes hydrographiques : trait de côte, détails de planimétrie, contour des roches découvrant à basse mer.

On a reconnu de plus que les photographies permettent de découvrir des hauts-fonds dangereux pour les navires par l'aspect que présente soit le fond de la mer, soit sa surface.

a. Les fonds sous-marins impressionnent la plaque photographique s'ils sont suffisamment éclairés, ce qui exige que le Soleil soit haut sur l'horizon, et que la mer est calme. La plus grande profondeur à laquelle le fond se voit nettement sur les épreuves obtenues est de 17^{m} au-dessous du zéro des cartes.

Dans la région explorée, les parties rocheuses sont presque toujours couvertes d'algues de couleur foncée et les hauts-fonds apparaissent comme des taches sombres.

Plusieurs têtes de roche qui avaient échappé aux levés très détaillés et très exacts de ces parages ont été ainsi révélées par la photographie, puis reconnues à la seconde.

Hauts-fonds révélés par la photographie (au-dessous du zéro des cartes).	Fonds correspondants de la carte (¹). (au-dessous du zéro des cartes).	Positions des hauts-fonds.
m	m	
0,7	2,7	A 1500ᵐ au S46°W du 6,3 du Grand Courleau.
0,8	3,8	A 1500ᵐ au N78°W du 6,3 du Grand Courleau.
3.0	5,7	A 1400ᵐ au N55°E de la balise du Men Briaut.
5,8	8,3	A 1220ᵐ au S 3° E de la bouée de la Chaussée des Pourceaux.
4,4	10	A 1010ᵐ S10°E de la bouée de la Chaussée des Pourceaux.

b. Par l'effet des courants, les hauts-fonds provoquent à la surface de la mer une agitation et des remous caractéristiques. Des photographies prises au fort des courants de marée permettent de les découvrir d'après les mouvements superficiels auxquels ils donnent naissance. Une tête roche à 8ᵐ au-dessous de zéro a pu être trouvée grâce à la photographie du sillage qu'elle produisait (à 90ᵐ au S76°E du 3,7 des Deux-Frères).

Il y a lieu de remarquer que, si les reconnaissances à vue directe en hydravion peuvent présenter pour la recherche des hauts-fonds des avantages sur la photographie, elles ne sauraient dispenser de l'emploi de celle-ci qui permet, au cours d'un seul vol, l'enregistrement automatique et précis de vastes étendues.

Les résultats obtenus par la suite comporteront certainement des améliorations et des extensions; mais on peut déjà conclure de ceux qui sont réalisés que la photographie aérienne est appelée à rendre de grands services. Facilitant et améliorant la détermination des éléments terrestres, permettant de découvrir des hauts-fonds, de chercher et d'étudier des passes, elle constituera, en s'appuyant sur les procédés classiques dont elle abrégera l'application, mais auxquels elle ne saurait se substituer, une méthode nouvelle de levé, d'investigation et de contrôle qui prendra, dans l'établissement des cartes hydrographiques, une place importante.

(¹) Carte n° 5159 de l'Hydrographie française.

PHYSIQUE. — *Expériences sur la gravitation*. Note [1] de M. **L. Majorana**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note antérieure, j'ai examiné l'hypothèse d'une absorption possible de l'attraction newtonienne par les masses qu'elle traverse, et évalué l'ordre de grandeur que l'on pourrait attribuer au coefficient d'absorption; ce coefficient serait de l'ordre des 10^{-12}. Cette évaluation était nécessaire pour l'établissement de l'appareil que j'ai réalisé pour mettre le phénomène en évidence, et qu'il me reste à décrire.

Une balance Ruepprecht de la portée de 1^{kg} a été enlevée de sa cage originelle et renfermée dans une boîte de métal épais, capable de résister au vide. Il est possible de manœuvrer du dehors de cette boîte, soit la fourchette de soutènement du fléau, soit le petit cavalier de 1^{cg} pour régler le zéro de la balance et déterminer sa sensibilité. Les observations de la sensibilité sont faites par la réflexion de la lumière sur une échelle verticale à 12^{m} de la balance. Celle-ci n'a pas de plateaux; à droite, elle porte, suspendu à son prisme d'acier, un fil de laiton qui soutient une sphère m de plomb pesant 1274^{g}; à gauche, une sphère semblable m' sert de contrepoids. La sphère m est à 1^{m} plus bas que m'; des protections de forme sphérique entourent, sans les toucher, m et m'; de sorte que le système de la balance et des deux sphères, libre d'osciller, peut être entouré par le vide presque parfait. La sphère m a son centre coïncidant avec le centre de figure d'un récipient V en bois, très robuste et de forme cylindrique, ayant son axe vertical; son diamètre et sa hauteur sont d'environ 22^{cm}. Dans V, on peut faire arriver du mercure, qui, lorsque V en est plein, pèse 104^{kg}. Dans ces conditions, le mercure ne touche nullement la protection de la sphère m, puisqu'il y a une seconde protection sphérique, exactement concentrique et un peu plus grande que celle qui maintient le vide autour de m. Cette seconde protection est soutenue par le récipient V. En somme, au point de vue mécanique, le système *balance*, *sphères m*, *m'*, est complètement indépendant du système *récipient* V, *mercure*. Il n'est pas possible que des secousses mécaniques, ou des déformations élastiques, se transmettent d'un système à l'autre. En outre : le vide qui entoure la sphère m empêche que la plus petite variation de poussée hydrostatique puisse être provoquée par les variations de température du mercure ou du récipient V; en effet, la

[1] Séance du 13 octobre 1919.

poussée manque complètement, par le fait même du vide. Il n'y a même pas la possibilité de perturbations de caractère calorifique, électrique, magnétique, électromagnétique, etc.; elle a été soigneusement étudiée, et au besoin ces causes d'erreur ont été écartées. Le repérage de la position du mercure, relativement à celle de la sphère *m*, est fait par des contacts électriques et avec des flotteurs qui déplacent des miroirs. Dans aucun cas il n'est possible d'admettre une erreur supérieure à $\frac{2}{10}$ de millimètre dans les positions des différentes parties de l'appareil. La sensibilité de la balance doit être contrôlée très souvent. Elle s'élève, d'après mes dernières expériences, à 171^{mm} par milligramme.

L'ordre de mes expériences est le suivant : je détermine, à l'aide de trois oscillations, la position de repos sans mercure dans le récipient V; je fais affluer le mercure et je détermine la nouvelle position de repos; j'aspire pneumatiquement le mercure et je détermine encore la position de repos; recommençant, je fais affluer le mercure, etc. Je répète ces opérations pendant deux ou trois heures continuellement, lorsque l'on peut jouir d'une tranquillité absolue, c'est-à-dire durant la nuit ou dans les jours de grève générale (utiles pour une fois). Dans ces conditions j'ai pu constater toujours une *diminution* de poids, lorsque la sphère de plomb est entourée par le mercure. Je dois dire que, dans des essais préliminaires, il m'avait semblé pouvoir conclure le contraire, c'est-à-dire constater une *augmentation;* mais ensuite j'avais reconnu que toutes les causes d'erreurs n'avaient pas été écartées, comme elles l'ont été avant les expériences définitives. J'ajoute que l'effet constaté doit être corrigé de certaines influences de caractère newtonien, inévitables. Par exemple il y a toujours une attraction de la masse de 104^{kg} de mercure sur la sphère m' qui sert de contrepoids. Brièvement, je dirai que, en tenant compte de toutes les corrections, *j'ai constaté une diminution de* $0^{mg},0009$ *sur la masse de* 1274^{g} *de plomb, lorsque celle-ci est entourée par* 104^{kg} *de mercure, disposés dans ladite forme cylindrique.* Ça fait une diminution de 7.10^{-10} de toute la masse de plomb; c'est une quantité bien petite, mais il me semble être tout à fait sûr du phénomène.

Pour déterminer la constante *h*, j'ai procédé ainsi : je substitue à la masse cylindrique de mercure une masse fictive sphérique égale : son rayon résulte de $12^{cm},35$. Après, j'admets que l'épaisseur de mercure traversé par l'action de la gravitation, de chaque élément de la sphère de plomb, soit égale à la différence entre ledit rayon et le rayon de la protection extérieure de *m*. C'est-à-dire l'épaisseur traversée est $12,35 - 3,95 = 8^{cm},40$. Je suppose, enfin, que l'action de la sphère de plomb, à l'extérieur de mercure,

équivaut à celle d'un point matériel d'égale masse, qui se trouve au centre d'une sphère de $8^{cm},40$ de rayon. C'est, peut-être, une simplification quelque peu arbitraire, mais j'estime son degré d'approximation suffisant pour un premier examen du phénomène. Disant m_v la masse vraie du plomb (1274^g), avec l'hypothèse de l'amortissement, on aura pour la masse apparente m_a

$$m_a = m_v e^{-hdr},$$

où h est le coefficient d'amortissement, par unité de densité, d la densité du mercure, $r = 8^{cm},40$. Puisque r est très petit (en comparaison avec les dimensions des astres), il est permis de développer en série le facteur exponentiel et de négliger les termes d'ordre supérieur au premier; on a donc

$$m_a = m_v(1 - hdr); \qquad \varepsilon = m_v - m_a = m_v hdr.$$

Or, ε est la variation de poids (ou de masse) constatée; on connaît donc toutes les quantités de la précédente équation, en dehors de h. Nous avons donc

$$h = \frac{\varepsilon}{m_v dr} = \frac{9.10^{-7}}{1274.13,6.8,4} = 6,18.10^{-12}.$$

Cette valeur coïncide d'une manière frappante avec l'ordre de grandeur prévu.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur les ondes planes latéralement indéfinies, à vibrations pendulaires, que la réflexion et la réfraction associent à un ou deux systèmes analogues donnés d'ondes incidentes.* Note de M. **Eligio Perucca**, présentée par M. Boussinesq.

I. M. L. Roy a observé (¹) que la solution classique du problème de la réflexion et de la réfraction par ondes planes périodiques, à la surface plane de séparation $z = 0$ de deux milieux O, I, homogènes et isotropes, contient un appel implicite à l'expérience, en ce sens qu'une onde incidente étant donnée, on admet, *a priori*, l'existence d'une onde réfléchie et d'une onde réfractée. M. Roy démontre que cet appel implicite à l'expérience n'est pas nécessaire; la théorie seule nous porte à la conclusion suivante : Étant donnés les paramètres directeurs l, m, n (dont deux seulement, l, m sont indépendants) d'une onde incidente [1], coexistent avec cette onde trois ondes [2], [3], [4] ayant les paramètres directeurs : $l, m, -n$; l_1, m_1, n_1;

(¹) *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 675.

l_1, m_1, $-n_1$, respectivement avec les relations $l_1 = l$, $m_1 = m$. L'onde [2] est l'onde réfléchie, l'onde [3] est l'onde réfractée. L'existence et les paramètres directeurs de ces ondes sont ainsi déterminés sans ambiguïté par la théorie seule. Mais cette théorie, ainsi développée, conduit à la coexistence, avec les trois ondes [1], [2], [3], d'une quatrième onde [4]. La théorie ordinaire et l'expérience donnent comme coexistantes seulement les ondes [1], [2], [3].

On obtient le même résultat en considérant les amplitudes. Les ondes théoriquement coexistantes sont au nombre de quatre : [1], [2], [3], [4]. L'amplitude de chaque onde dépend de deux paramètres indépendants, donc huit paramètres en tout. Entre ces huit paramètres, il n'existe que quatre conditions indépendantes aux limites; donc quatre paramètres restent arbitraires, par exemple les amplitudes de deux ondes parmi les quatre existantes. La théorie ordinaire est un cas tout à fait particulier de la théorie générale ; et on l'obtient en posant = o l'amplitude de l'onde [4].

M. Roy conclut : « Il resterait à expliquer pourquoi c'est seulement ce cas particulier qui correspond aux faits expérimentaux. »

Or je désire faire observer que, au contraire, l'expérience s'accorde parfaitement avec la théorie générale; seulement les expériences conduites d'une manière tout à fait particulière, mais qui est la plus commune, s'accordent avec la théorie ordinaire correspondant au cas : *amplitude de l'onde* [4] = o. En effet, dans les expériences ordinaires, on fait tomber une onde lumineuse à la surface de séparation des deux milieux, mais en évitant, en même temps, que, dans le champ des expériences, ne parviennent d'autres ondes incidentes. Avec cette disposition, on comprend que l'entrée est interdite à l'onde [4]; donc on pourra écrire les quatre conditions indépendantes aux limites entre six paramètres seulement, qui caractérisent les trois ondes [1], [2], [3]. On a ainsi la théorie exposée dans tous les livres d'optique.

Exécutons, au contraire, l'expérience de cette manière : faisons tomber l'onde incidente [1] sans empêcher, par des écrans placés à dessein, l'accès de toute autre onde incidente ([1]).

([1]) Les réflexions subtiles dans lesquelles s'engage ici M. Perucca, et qu'il avait déjà *amorcées*, pour ainsi dire, ne me semblent pas indispensables. Comme le système [4] exprime des ondes *incidentes*, propagées du second milieu vers le premier, et que les circonstances offertes par les ondes *incidentes* constituent *essentiellement* les *données* du problème de la réflexion et de la réfraction, ce système [4] est d'ordinaire nul par le fait même que l'énoncé des problèmes ne le mentionne pas. (J. BOUSSINESQ.)

Les ondes [2] et [3] sont encore déterminées univoquement en direction et sens, mais on ne peut en connaître l'amplitude tant que l'on ignore si, à la partie réfléchie de l'onde [1], se superpose une partie réfractée provenant d'une onde [4], qui, cette fois, n'ayant pas été exclue *a priori*, peut éventuellement exister. De même pour l'amplitude de l'onde [3]. En ce cas, il n'est plus permis d'écrire les conditions aux limites en y introduisant seulement les amplitudes de l'onde incidente [1] et des ondes [2] et [3]; la théorie ordinaire est en défaut. L'expérience suit alors la théorie générale développée par M. Roy et les amplitudes des ondes [2], [3] ne sont déterminées que lorque l'on connaît l'*amplitude de l'onde* [1] *et celle de l'onde* [4].

PHYSIQUE. — *Comparaison des températures d'explosion calculées à partir des chaleurs spécifiques et des températures d'explosion calculées à partir des pressions explosives*. Note ([1]) de M. **Henri Muraour**, présentée par M. Vieille.

Les températures d'explosion peuvent être calculées par deux voies différentes : 1° à partir de l'équation théorique de décomposition et des chaleurs spécifiques des gaz; 2° à partir de la pression mesurée à la bombe et du volume gazeux dégagé par l'explosif.

On admet, en général, à la suite des travaux de MM. Mallard et Le Chatelier et Sarrau, que les deux modes de calcul conduisent à des valeurs de t très voisines, sinon identiques, tout au moins en ce qui concerne les explosifs à combustion complète pour lesquels, la dissociation étant négligeable sous haute pression, il semble qu'on puisse prévoir, sans doute possible, l'équation de décomposition.

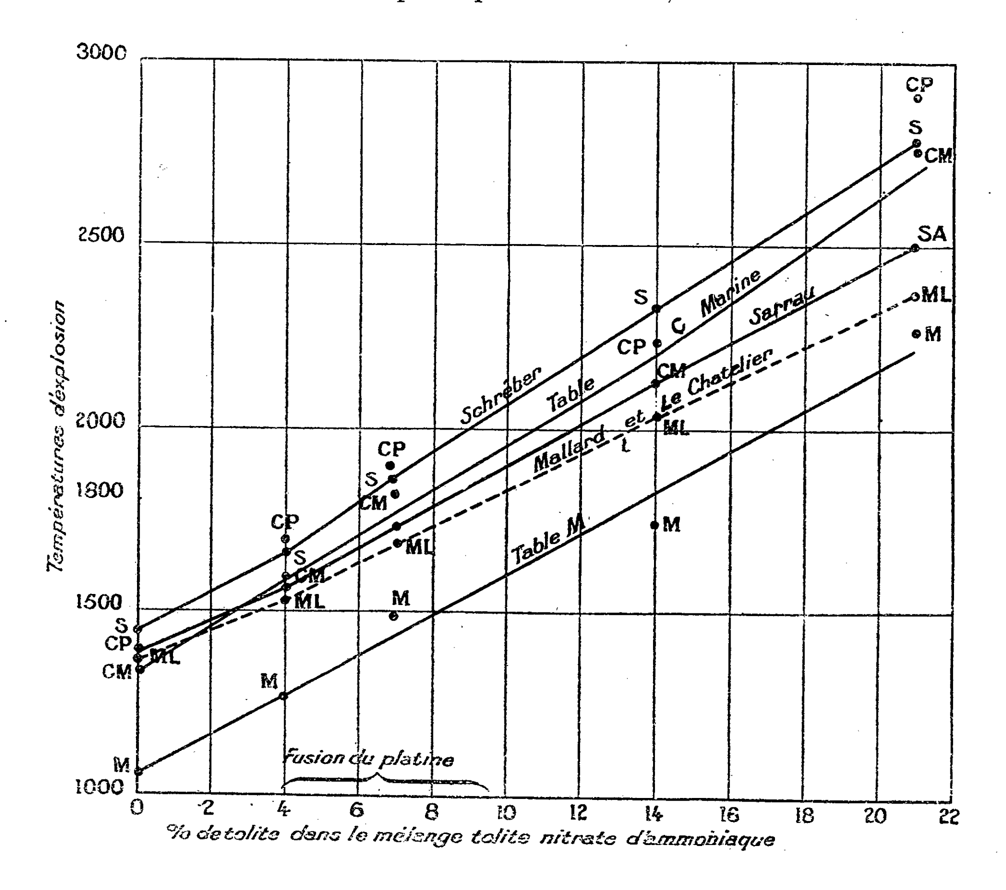
Les considérations suivantes nous ont amené à reprendre l'étude de cette question : 1° les pressions utilisées dans les travaux de MM. Mallard et Le Chatelier et de M. Sarrau ont été obtenues alors que débutait la science des explosifs, elles n'ont pas été déterminées avec la Table de tarage des crushers manométrique actuellement réglementaire, Table dont l'usage est beaucoup plus récent; 2° des doutes ont été élevés sur la valeur réelle des pressions indiquées par la Table manométrique. On a proposé de nouvelles Tables de tarage dites Tables C, obtenues en écrasant les crushers par un poids tombant en chute libre. Ces Tables diffèrent d'environ

([1]) Séance du 20 octobre 1919.

20 pour 100 par excès de la Table manométrique; 3° enfin, si la variation des chaleurs spécifiques des gaz avec la température est aujourd'hui indiscutable, la valeur réelle des chaleurs spécifiques à haute température ne semble pas encore fixée avec certitude.

Les travaux exécutés par Langen, Schreber et Pier conduiraient à admettre pour les chaleurs spécifiques des valeurs notablement plus faibles que celles déduites des formules de Mallard et Le Chatelier et de Sarrau.

Ces diverses considérations nous ont amené à comparer les températures d'explosion calculées : 1° à l'aide des chaleurs spécifiques de Mallard et Le Chatelier et des chaleurs spécifiques de Sarrau; 2° à l'aide des chaleurs



spécifiques proposées par Schreber; 3° à partir des pressions Table manométrique; 4° à partir des pressions Tables C (Table C dressée au Laboratoire central de la Marine et Table C du Laboratoire central des Poudres).

Les essais ont été exécutés sur un mélange tolite-nitrate d'ammoniaque à

combustion complète et sur le même mélange additionné de quantités croissantes de nitrate d'ammoniaque pour en abaisser la température. On a tenu compte, dans les calculs, de l'amorce de poudre noire à combustion complète (surdosée en salpêtre).

Dans les calculs exécutés à partir de la pression, on a admis la validité de l'équation simplifiée de Clausius, $p = \frac{RT}{V - \alpha}$.

Le covolume a été pris égal au $\frac{1}{1000}$ du volume spécifique, règle ordinairement suivie et que Daniel Berthelot a montré être justifiée en ce qui concerne les gaz des explosions.

On a tenu compte du volume des sels de la poudre noire.

Résultats des essais et conclusions. — L'examen des résultats conduit aux conclusions suivantes :

1° Les chiffres calculés à partir des chaleurs spécifiques de Mallard et Le Chatelier ou de Sarrau sont nettement supérieurs aux chiffres calculés à partir des pressions Table manométrique. Vers 1500°, les températures Mallard et Le Chatelier ou Sarrau se confondent avec les températures calculées à partir des pressions Table C. L'allure du graphique semble indiquer que pour des explosifs à température d'explosion élevée, la température pression M doit se trouver au-dessus de la température Mallard et Le Chatelier. Le fait a été vérifié avec un explosif à combustion complète, la dynamite-gomme (92,5 — 7,5) :

Température calculée à partir des chaleurs spécifiques de Mallard et Le Chatelier	3213°
Température calculée à partir de la pression Table manométrique	3564
Avec les chaleurs spécifiques de Sarrau on obtient $t =$	3545
Avec les chaleurs spécifiques de Schreber on obtient $t =$	3943
La Table C Marine donne	4334
La Table C Poudres donne	4526

2° *Tout au moins dans la région voisine de 1500°-1700° le calcul effectué, soit à partir des chaleurs spécifiques Mallard et Le Chatelier ou Sarrau, soit à partir de la pression Table manométrique, conduit à des températures qui sont certainement au-dessous des températures réelles.*

En effet, en introduisant dans la bombe, au cours des essais effectués avec le mélange à 7 pour 100 de tolite, un fragment de toile métallique en platine (fils de $0^{mm},20$ de diamètre), *nous avons constaté une fusion partielle des fils.* La température d'explosion est donc certainement supérieure à 1750°, point de fusion du platine.

Le calcul à partir de la pression manométrique indiquant 1486°, cette expérience conduit donc *soit à modifier la valeur de la pression, soit à mettre en doute la loi adoptée pour représenter la compressibilité des gaz à haute température et sous haute pression.*

3° Les températures calculées à partir des chaleurs spécifiques de Schreber sont entre 1300° et 2700° en accord satisfaisant avec les températures calculées à partir des pressions Table C.

TOXICOLOGIE. — *Sur la transformation de l'acide cyanhydrique en acide sulfocyanique au cours des putréfactions cadavériques; expériences faites in vitro.* Note [1] de M. **Chelle**, présentée par M. Charles Moureu.

Tous les traités classiques de toxicologie s'accordent à dire que l'acide cyanhydrique disparaît ou du moins est dissimulé à ses réactions très rapidement, dans les tissus, après la mort. On suppose généralement qu'il se décompose ainsi en acide carbonique et ammoniaque en passant, peut-être, sous la forme préalable de formiate.

Frappé de la lenteur relative avec laquelle l'acide cyanhydrique s'hydrate, *in vitro*, en se changeant en acide formique, par comparaison avec la vitesse de transformation du même acide dans le cadavre, — les conditions de température étant semblables — vitesse que n'expliqueraient pas les phénomènes fermentaires, qui seraient plutôt ralentis par CyH, nous avons pensé que c'était vraisemblablement par un tout autre processus que celui de la fixation d'eau, avec oxydation ultérieure, que cet acide était transformé dans la putréfaction cadavérique.

Or le fait le plus précoce qui frappe l'observateur dans l'examen, même le plus sommaire, de cette putréfaction, est la production rapide et abondante de produits sulfhydriques.

Partant de ces deux faits bien établis et, d'autre part, de la facilité avec laquelle l'acide cyanhydrique se transforme en acide sulfocyanique sous l'influence des dérivés sulfhydriques, nous avons eu l'idée, jusqu'à présent insoupçonnée par les divers auteurs qui se sont occupés du sujet, que la transformation de CyH dans le cadavre pouvait se faire non dans le sens acide formique puis acide carbonique, comme on le croyait, mais dans le sens acide sulfocyanique.

Pour vérifier cette hypothèse nous avons d'abord institué une méthode

(1) Séance du 20 octobre 1919.

permettant de doser séparément des traces de CyH et de CSNH dans un milieu complexe. On dose d'abord CyH, puis on ajoute au milieu un oxydant approprié, qui transforme CSNH en CyH que l'on dose.

Expériences faites sur le sang in vitro. — Avant d'intoxiquer des animaux avec l'acide cyanhydrique pour en étudier la disparition au cours de la putréfaction, nous avons préféré ajouter à du sang des quantités bien déterminées de ce toxique, le phénomène de la putréfaction étant en effet le même dans les deux cas.

Du sang de bœuf défibriné a été additionné de CyK et de CSNK à doses variables, puis nous avons recherché ces substances après 10 jours et même 30 jours.

Technique. — Sang 20^{cm^3} + solution chaude d'acide picrique à 5 pour 100 : 30^{cm^3} + eau q. s. p. 100^{cm^3}. Agiter, filtrer et rechercher simultanément CyH ayant résisté à la putréfaction et CyH dissimulé, libérable seulement après oxydation chromique.

	Milligrammes de CyH théorique par litre.	Jour du dosage.	CyH existant.	CyH dissimulé libérable par l'acide chromique.
Sang normal (1)		1er	0	0
		10e	0	0
		30e	0	0
Sang normal + CyK	50 mg	1er	50,3	0
		10e	39,15	8,1
		30e	27,9	18,2
Sang normal + CyK (2)	25	1er	24,3	0
		10e	0	24,3
Sang normal + CyK	10	1er	9,18	0
		10e	0	9,18
Sang normal + CSNK (3)	25	1er	0	25,65
		10e	0	24,3
		30e	0	23,05
Sang normal + CSNK	10	1er	0	9,72
		10e	0	9,72

Cet acide cyanhydrique, qui semble détruit par la putréfaction, qui réapparaît sous l'action oxydante de CrO^3 et que jusqu'à maintenant nous avons appelé *acide cyanhydrique dissimulé*, doit provenir d'une transformation partielle ou totale du cyanure en sulfocyanate d'après notre hypothèse.

Nous avons vérifié ce fait, en précipitant dans les échantillons 1, 2 et 3 les matières albuminoïdes par l'acide trichloracétique, et en recherchant CSNH dans le filtrat par la réaction des sels ferriques. Seuls les échantillons 2 et 3 ont donné une réaction positive. Les $24^{mg},3$ de CyH, dissimulés dans le sang n° 2, provenaient donc bien d'une transformation de CyH en CSNH.

Conclusions. — Au cours des phénomènes putréfactifs, l'acide cyanhydrique et les cyanures alcalins sont détruits ou transformés.

Cette transformation, qui commence très vite, est partiellement réversible, c'est-à-dire que son produit est susceptible de régénérer l'acide cyanhydrique qui lui correspond par un traitement approprié (action de l'acide chromique ou des chromates en milieu acide).

Le produit de la transformation de l'acide cyanhydrique est de l'acide sulfocyanique provenant de l'action, sur le premier de ces acides, des éléments sulfhydriques de la putréfaction.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des environs de Tilouanet (Oran).* Note de M. **L. Joleaud**, présentée par M. Émile Haug.

La tectonique de la région pétrolifère de Tilouanet, située au sud de Rélizane (Oran), a fait, il y a 20 ans, l'objet de deux courtes Notes de MM. Brives (1) et Fabre (2).

M. Brives a insisté sur une faille jalonnée par du Trias et faisant butter le Cartennien, l'Helvétien et le Tortonien contre le Sénonien. M. Fabre a conclu à l'existence d'un dôme crétacé à noyau triasique arasé, une première fois, par la mer cartennienne, une seconde fois, par la mer helvétienne. Depuis, M. Dalloni (3) a admis que les lambeaux triasiques de la région reposaient sur le Crétacé.

Ayant eu tout dernièrement à faire l'étude microscopique des carottes rapportées par la sonde de différents forages effectués au lieu dit Msila, à l'est de Tilouanet, j'ai constaté que les marnes grises schisteuses helvétiennes y renferment fréquemment des cristaux de quartz à extinction tordue, qui indiquent un dynamométamorphisme intense. Les nombreux Foraminifères (*Lagena*, *Nodosaria*, *Miliola*, *Cristellaria*, etc.), que j'y ai observés, ont souvent leurs cloisons brisées, ce qui témoigne des fortes pressions subies par la roche encaissante; en outre, de la magnétite de formation secondaire en remplit les fissures ou les vacuoles.

(1) *Bull. Soc. Géol. France*, 3e série, t. **17**, 1899, p. 128.
(2) *Ibid.*, p. 323.
(3) *Carte Géol. Algérie*, feuille 156, Rélizane, 1911.

Au-dessous de ces marnes viennent des grès calcaires, riches en glauconie, où les microorganismes font à peu près défaut.

Les forages ont traversé ensuite une véritable brèche formée de morceaux de calcaires compacts, dont les éléments portent l'empreinte de surfaces de trituration très nettes. Plus bas, ils ont atteint les marnes bariolées gypsifères du Trias, puis une nouvelle brèche de friction renfermant des grès siliceux, des grès ferrugineux, beaucoup de calcaire, de la glauconie. De la magnétite et de l'oligiste y ont cristallisé secondairement, tandis que du gypse a imprégné la masse. Enfin les sondages sont arrivés dans le Crétacé, probablement dans le Sénonien.

L'examen microscopique des roches démontre ainsi l'existence indiscutable de phénomènes de charriage dans la région de Tilouanet. Entre une nappe formée de marnes et de grès miocènes et le substratum crétacé est venue s'insinuer ici une lame de Trias, qu'encadrent deux assises de brèches.

M. Gentil, qui a bien voulu examiner mes plaques minces de roches de Tilouanet, y voit des modifications structurales par dynamométamorphisme comparables à celles qu'il avait signalées dans nombre de roches cristallines du Nord de l'Algérie, gneiss du Tessala et de Teniet el Haad, andésites permiennes de Miliana, diorites et gabbros de nombreux affleurements triasiques (¹).

Tous ces faits d'ordre pétrographique, aussi bien ceux définis dans la thèse de M. Gentil, que ceux signalés ci-dessus à propos de la région de Rélizane, viennent confirmer l'existence de phénomènes de charriage dans l'Afrique du Nord.

On sait que le régime des nappes s'est étendu à presque toute l'ancienne zone géosynclinale du Tell barbaresque (²). Il n'avait été signalé jusqu'à présent, en Oranie, que dans l'Atlas tellien littoral [région entre la basse Moulouya et la basse Tafna (³), sahels d'Oran et d'Arzeu (⁴)]. Les sondages de Tilouanet montrent qu'il a affecté également l'Atlas tellien intérieur, jusqu'au voisinage de la grande plate-forme jurassique de la Meseta de Saïda.

J'ai depuis longtemps signalé des faits analogues en Numidie, où j'ai distingué la nappe de la chaîne Numidique et celle des monts de Constantine (djebel Ouach, etc.) (⁵). La première fait partie du même système que

(¹) L. Gentil, *Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna* (*Thèse Fac. Sc., Paris,* 1902, p. 62, 72, 100, 205 et suiv., sp. 267-268).

(²) L. Gentil et L. Joleaud, *Rev. gén. Sc.*, 29ᵉ année, 15 octobre 1918, p. 533-540.

(³) L. Gentil, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 712; t. 151, 1910, p. 781; t. 156, 1913, p. 965.

(⁴) L. Gentil et L. Joleaud, *loc. cit.*, p. 537.

(⁵) L. Joleaud, *Étude géologique de la chaîne Numidique et des monts de Constantine* (*Thèse Fac. Sc., Paris*, 1912, p. 356-389).

la nappe littorale oranaise, à laquelle elle se relie par les nappes des Babors, du Djurdjura, du Chenoua, de Tenes. La seconde se continue dans les Biban, l'Atlas de Blida, les Zaccars, l'Ouarsenis et, en Oranie, dans la région de Tilouanet.

Le Lias, qui joue partout un rôle capital dans la constitution de la nappe littorale, est à peine représenté à Constantine et ne se retrouve pas à Tilouanet. Ici comme là participent au régime des nappes le Trias, le Barrémien, l'Aptien, le Cénomanien, le Sénonien, etc.

Les charriages oranais, comme l'indique l'examen miscroscopique des roches de Tilouanet, sont postérieurs aux marnes helvétiennes. Ils sont évidemment du même âge que ceux des autres régions de l'Algérie, c'est-à-dire post-helvétiens et anté-tortoniens.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les relations du vent avec le gradient dans les couches basses de l'atmosphère.* Note de M. C.-E. **Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note précédente [1] j'ai essayé de montrer que la vitesse du vent dans les couches d'air voisines de la surface du sol dépend non seulement du gradient, mais encore de la loi suivant laquelle la température de l'atmosphère varie en fonction de la hauteur. La direction du vent devant être affectée par les causes qui agissent sur sa vitesse, je me suis proposé de rechercher les variations subies par l'angle formé par la direction du vent avec celle du gradient sous l'influence, d'une part, des variations de cet élément, et, d'autre part, des changements dans la distribution verticale des températures.

Les nombres contenus dans le Tableau ci-contre résultent de la discussion de 504 observations simultanées faites à 7^h en décembre à la terrasse du Bureau Central météorologique et au sommet de la Tour Eiffel pendant les vingt années 1889-1908. Ces observations ont été réparties en douze groupes d'après les valeurs du gradient et du décroissement de la température. Dans chaque groupe j'ai fait les moyennes arithmétiques : 1° du décroissement de la température ; 2° des éléments nécessaires au

(1) *Influence de la distribution verticale des températures sur les vitesses du vent mesurées au voisinage du sol* (*Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1160).

calcul de la vitesse du vent correspondant au gradient (vitesse théorique) (¹); 3° des projections des vitesses du vent observées aux deux stations sur la direction du gradient et sur la direction perpendiculaire. C'est à l'aide de ces projections qu'ont été calculés les angles formés par la direction du vent avec celle du gradient.

Variation de l'angle du vent et du gradient au Bureau Central et à la Tour Eiffel en fonction du gradient et de la distribution verticale des températures.

	Décroissement de la température entre le niveau des toits et le sommet de la Tour Eiffel.	Vitesse théorique du vent.	Angle du vent avec le gradient. B. C. M.	Tour Eiffel.	Nombre d'observations.
	°	m	°	°	
Gradients compris entre 0,2 et 0,9.	2,50	5,88	49	56	46
	0,58	5,89	27	62	36
	—2,75	5,50	13	59	32
Gradients compris entre 1,0 et 1,7.	2,37	11,15	42	60	105
	0,71	11,68	36	70	59
	—2,96	11,36	24	74	46
Gradients compris entre 1,8 et 2,5.	2,34	18,22	53	62	69
	0,66	17,15	47	70	34
	—3,27	17,35	35	72	22
Gradients compris entre 2,6 et 4,5.	2,10	27,76	55	61	36
	0,81	26,53	45	61	11
	—2,78	24,23	43	73	8

I. *Direction du vent à la terrasse du Bureau Central.* — Près du sol, le vent fait avec le gradient un angle vers la droite qui, à gradient constant, croît à mesure que le décroissement de la température est plus fort.

La variation que subit cet angle pour une variation donnée du décroissement de la température, le gradient restant invariable, est d'autant plus grande que ce dernier est plus faible.

Pour une distribution donnée des températures suivant la verticale, le

(¹) J'ai calculé cette vitesse d'après la formule $\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n} = 2\omega V \sin\varphi$ dans laquelle ρ représente la densité de l'air, $\frac{\partial p}{\partial n}$ le gradient, ω la vitesse angulaire de rotation de la Terre, φ la latitude et V la vitesse théorique. On sait que cette vitesse est dirigée perpendiculairement au gradient. J'ai négligé la courbure des isobares me réservant de revenir ultérieurement sur ce point.

vent se rapproche de l'isobare quand le gradient augmente, et d'autant plus rapidement que l'inversion de température est plus accentuée.

II. *Direction du vent au sommet de la Tour Eiffel.* — A 300^m au-dessus du sol, pour une valeur donnée du gradient, les variations que subit, du fait des changements dans la distribution verticale des températures, l'angle des directions du vent et du gradient, sont beauconp plus faibles que celles que l'on constate au niveau des toits. Le vent tend à se rapprocher de l'isobare à mesure que l'inversion de température devient plus prononcée, tandis qu'à la terrasse du Bureau Central c'est l'inverse que l'on constate.

En ce qui concerne l'action des variations du gradient à distribution invariable des températures, il semble préférable d'attendre pour se prononcer que le travail soit étendu à un nombre d'observations plus considérable.

III. *Variation de la direction du vent dans la couche de* 300^m. — M. Angot a depuis longtemps montré que le vent au sommet de la Tour Eiffel fait avec le vent mesuré à la terrasse du Bureau Central un angle vers la droite dont la valeur moyenne est en gros de $\frac{1}{16}$ de circonférence. Cet angle subit une variation diurne très nette ainsi que le montrent les nombres ci-dessous résultant de dix années d'observations, et représentant les écarts à la moyenne diurne de l'angle des directions du vent observées au Bureau Central et à la Tour Eiffel. Ces écarts ont été affectés du signe — quand la direction à 300^m est plus rapprochée de la direction mesurée près du sol.

Variation diurne de l'angle formé par les directions du vent relevées au Bureau Central et à la Tour Eiffel pendant *les dix années* 1891-1900 :

3^h.	6^h.	9^h.	12^h.	15^h.	18^h.	21^h.	24^h.
+13°	+15°	—3°	—11°	—10°	—10°	—3°	+8°

On peut supposer que cette variation diurne est le résultat de celle que subit la distribution verticale des températures dans la couche d'air séparant les deux stations. La discussion ci-dessus apporte une preuve *directe* de l'exactitude de cette hypothèse : il résulte, en effet, des nombres contenus dans le Tableau reproduit au début de cette Note que l'angle formé par les directions du vent relevées au Bureau Central et à la Tour Eiffel est d'autant plus petit que la température décroît plus rapidement entre le niveau des toits et le niveau de 300^m.

Mais l'examen de ces nombres conduit à un autre résultat qui, à ma con-

naissance, n'a pas été mis jusqu'ici en évidence : à savoir que *pour une distribution donnée des températures dans la couche de* 300^{m}, la variation de la direction du vent quand on s'élève dans l'atmosphère est fonction de la grandeur du gradient et d'autant plus petite que le gradient est plus fort.

Je me propose de revenir ultérieurement sur les rapports entre les vitesses du vent observées et la vitesse théorique; cependant je pense, dès à présent, être en mesure d'affirmer que la hauteur à laquelle est atteinte la vitesse correspondant au gradient est une fonction complexe de la distribution verticale des températures et de la grandeur du gradient. Le niveau auquel on rencontre cette vitesse tend à s'élever quand le gradient augmente et quand la distribution verticale des températures se rapproche de la distribution adiabatique; il tend au contraire à s'abaisser quand le gradient diminue et quand le décroissement de la température devient moins accentué. L'étude des variations concomitantes de la température et de la vitesse du vent dans la couche de 300^{m} conduit en effet à admettre que *toute variation dans la distribution verticale des températures au voisinage du sol*, affectant une couche d'air d'épaisseur même faible, fait sentir son action sur la répartition verticale des vitesses du vent jusqu'à un niveau relativement élevé et entraîne une redistribution complète des vitesses depuis le sol jusqu'à une hauteur qui paraît dépasser celle à laquelle le vent du gradient est atteint.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Observations faites à Buenos-Ayres pendant l'éclipse annulaire de Soleil du 3 décembre* 1918. Note de M. **J. Ubach**, présentée par M. Bigourdan.

Le 3 décembre 1918, on mit, au Séminaire de Villa-Devoto (Buenos-Ayres), un soin tout spécial à observer les variations de la déclinaison pendant l'éclipse annulaire de Soleil. L'instrument employé est un magnétomètre Chasselon, appartenant au Bureau Météorologique, et destiné à l'expédition scientifique des îles Orcadas. Il fut soigneusement installé et préservé de l'influence de toute masse de fer. Des observations très fréquentes furent faites chaque jour, de 7^{h} à 19^{h}, du 30 novembre au 4 décembre, par l'ingénieur chilien, le P. Abel M. Montes et quelques aides dûment renseignés. La variation de la déclinaison pendant la durée de l'éclipse est tout à fait intéressante. Je donne ici les lectures de l'instrument en parties de l'échelle arbitraire qu'il comportait, et les lectures qu'on aurait probablement observées si la variation eût été normale :

Heure.	Variation (vers l'Est) normale diurne (val. prob.).	observée.
h m		
9. 0.....	+ 0,5	0
5.....	+ 0,5	0 (1)
10.....	+ 0,5	0
15.....	+ 0,5	0
20.....	+ 0,5	0
25.....	+ 0,5	0
30.....	+ 1,0	0
35.....	+ 1,0	0
40.....	+ 1,0	+ 1,0
45.....	+ 1,5	0
50.....	+ 1,5	0
55.....	+ 1,5	0
10. 0.....	+ 2,0	— 1,0
5.....	+ 2,0	— 3,5 (2)
10.....	+ 2,5	— 3,5
15.....	+ 2,5	— 4,5
20.....	+ 3,0	— 4,5
25.....	+ 3,0	— 4,5
30.....	+ 3,5	— 4,5
35.....	+ 3,5	— 2,5
40.....	+ 4,0	— 3,5
45.....	+ 4,0	— 5,5
50.....	+ 4,5	— 4,5 (3)
10.55.....	+ 5,0	— 4,5
11. 0.....	+ 5,0	— 4,5
5.....	+ 5,5	— 4,5
10.....	+ 6,0	— 3,5
15.....	+ 6,0	— 3,5
20.....	+ 6,5	— 3,5
25.....	+ 7,0	— 3,5
30.....	+ 7,5	— 3,5 (4)
35.....	+ 7,5	— 3,5
40.....	+ 8,0	— 3,0
45.....	+ 8,5	— 2,5
50.....	+ 9,0	— 2,5
55.....	+ 9,5	— 2,5
12. 0.....	+ 9,5	— 1,0
5.....	+10,0	— 1,0
10.....	+10,5	— 0,5
15.....	+10,5	+ 2,0
20.....	+11,0	+ 2,0
25.....	+11,0	+ 2,0
30.....	+11,5	+ 8,0
35.....	+11,5	+ 8,0
40.....	+12,0	+11,0
45.....	+12,0	+11,0 (5)

Il est aisé à voir que l'aiguille montre une tendance vers l'Ouest dès le commencement de l'éclipse, surtout dès 10^h, lorsqu'une partie importante de la surface solaire était déjà occultée. La déviation occidentale va en augmentant jusqu'à la phase maxima ou annulaire. A partir de cet instant, l'aiguille revient vers l'Est, lentement d'abord, puis plus rapidement, lorsque la moitié de la surface du Soleil est découverte, et plus rapidement encore quand elle atteint sa valeur normale à la fin de l'éclipse.

Les observations, poursuivies toute la journée, décèlent une perturbation magnétique surtout dès $13^h 15^m$. Cependant la correspondance frappante de

(1) Premier contact.
(2) La moitié de la surface du Soleil éclipsée.
(3) Phase annulaire.
(4) La moitié de la surface solaire découverte.
(5) Dernier contact.

la marche de la déclinaison avec les phases du phénomène solaire, semble écarter tout soupçon que la perturbation pourrait jeter sur la nature des anomalies observées sur la déclinaison; elles ne semblent pas être entièrement attribuables à la perturbation, mais elles manifestent aussi l'influence de l'éclipse même. Par la même raison, le courant de la traction électrique, qui passait assez proche, ne paraît pas avoir empêché la manifestation de la marche de l'éclipse sur les variations magnétiques observées.

Les observations de la déclinaison faites, d'heure en heure, au Collège de l'Immaculée de Santa-Fe, par le P. Sallaberry S.-J., le 3 décembre, décèlent aussi un fort écart de l'aiguille vers l'Ouest pendant la première partie de l'éclipse, et son retour vers l'Est pendant la seconde partie.

BIOLOGIE. — *Influence des conditions du milieu sur les larves du* Palæmonetes varians microgenitor *Boas*. Note de M. E. **Sollaud**, présentée par M. Y. Delage.

Le *Palæmonetes varians microgenitor* est fréquent le long des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique, à l'embouchure des petites rivières, ou dans les étangs, fossés et creux d'eau saumâtre. Au moment de la reproduction, il peut arriver qu'une partie des larves soit entraînée à la mer; celles qui accomplissent toute leur évolution dans les eaux supralittorales rencontrent là des conditions de milieu essentiellement variables (par exemple sous le rapport de la température et de la salinité), susceptibles d'influer sur la marche du développement et de retentir sur la morphogenèse.

L'action de la température sur la vitesse du développement est extrêmement nette : dans un lot de larves (lot n° 1) écloses le 19 juin 1911, élevées à la station biologique de Roscoff, dans de l'eau saumâtre d'une salinité de 6g,5 pour 1000, la vie larvaire a duré de 23 à 33 jours et s'est achevée après un nombre de mues variant de 6 à 8. Par contre, des individus éclos le 16 juillet (lot n° 3), placés dans les mêmes conditions de salinité que les précédents, sont passés à l'état parfait au bout de 15 à 23 jours, et après 5 ou 6 mues. Or, la température moyenne de l'eau, dans les récipients d'élevage, a été d'environ 15° dans le premier cas, d'environ 18° dans le second. La salinité paraît agir dans le même sens que la température : des individus éclos en juin (lot n° 2), à peu près en même temps que ceux du lot n° 1, mais maintenus dans l'eau de mer du laboratoire,

ont terminé leur vie larvaire au bout de 20 à 29 jours, et après 5, 6 ou 7 mues.

Les stades larvaires I, II et III, chez les Palémonides marins de nos côtes, sont des plus faciles à caractériser et à distinguer de l'ensemble des stades plus âgés, au simple examen de l'armature que présente la carapace sur sa ligne médiane : Au stade I (*Zoea*), cette armature se réduit au rostre; au stade II, on observe vers le milieu du céphalothorax, sur la ligne médio-dorsale, une forte épine recourbée vers l'avant et finement denticulée le long de son bord concave; au stade III, une deuxième épine apparaît en avant de la précédente; à partir du stade IV, et jusqu'à la fin de la vie larvaire, il existe une rangée de trois épines, la plus antérieure étant située sur la partie basilaire du rostre. Il en est exactement de même dans presque toutes les larves du *P. varians microgenitor* que j'ai recueillies à l'état libre, au filet fin, dans les eaux saumâtres supralittorales; parfois cependant, j'ai trouvé quelques individus au stade III munis d'une seule épine, d'autres au stade IV munis seulement de deux épines sur la ligne médiane de la carapace. Il était naturel de se demander si cette particularité, qui semble d'ailleurs n'affecter qu'un petit nombre d'individus, était en relation avec l'habitat de ces larves dans des eaux dont la salinité est le plus souvent bien inférieure à celle de la mer.

Or, tous les élevages faits au laboratoire en eau saumâtre m'ont fourni une proportion très élevée de larves anormales, possédant une armature céphalothoracique réduite par rapport à celle qui existe, aux stades correspondants, chez la grande majorité des individus qui ont évolué en milieu normal. Contrairement à mon attente, cette proportion a été également très forte parmi les larves du lot n° 2, qui se sont développées dans l'eau de mer. Quelle qu'ait été la salinité de l'eau employée dans les expériences, la quantité des anormaux s'est toujours montrée beaucoup plus grande que chez les larves recueillies à l'état libre, en des localités et à des moments divers.

Pour expliquer ces résultats, il faut donc faire entrer avant tout en ligne de compte, non pas la plus ou moins grande quantité de sel dissous, mais un ensemble complexe de facteurs difficiles à préciser : différences dans le mode d'alimentation ou dans l'aération de l'eau, absence d'insolation directe dans les récipients d'élevage, etc. Les différences individuelles se manifestent au maximum sous l'influence des conditions anormales réalisées au laboratoire; d'une façon générale, ce sont les individus les plus grands qui présentent, pour chacun des stades larvaires, le nombre typique d'épines,

ce nombre étant plus ou moins réduit chez les individus de petite taille.

Le facteur *salinité* semble bien cependant entrer en ligne de compte. En effet : 1° dans le lot n° 2, élevé en eau de mer, la proportion des individus anormaux, munis d'un nombre réduit d'épines céphalothoraciques, bien que très élevé, a été moins considérable que dans les élevages en eau saumâtre; 2° dans toutes les larves de ce lot, l'armature de la carapace est arrivée, d'une façon plus ou moins tardive, à son complet développement, avant la fin de la vie larvaire : il y a eu seulement *hétérochronie;* en eau saumâtre, par contre, dans un très grand nombre d'individus, le nombre des épines médio-dorsales, au dernier stade *mysis*, se trouvait encore réduit à 2, ou même à 1, et par conséquent ne s'est jamais élevé à 3 ; 3° enfin, parmi les larves recueillies à l'état libre, la plus forte proportion d'individus anormaux a été constatée dans un lot provenant de pêches effectuées, près de Saint-Vaast-la-Hougue, dans des fossés où la salinité de l'eau, insensible au goût, atteignait à peine 3 pour 1000.

Il semble que ces variations larvaires peuvent retentir sur la morphologie de l'adulte. En effet, j'ai constaté que, au moins chez les individus jeunes, le nombre des dents du bord supérieur du rostre était en relation avec celui des épines céphalothoraciques propres à la larve; ce nombre était toujours plus faible, notamment, chez des individus provenant de larves où l'armature de la carapace n'était pas arrivée à son complet développement. Par suite, lorsqu'on observera, dans les localités plus ou moins distantes, des différences dans la polygone de fréquence des dents du rostre, il ne faudra pas se hâter de conclure à l'existence de races locales, génétiquement distinctes; ces différences pourront être la traduction d'un simple polymorphisme œcologique, résultat des conditions de milieu différentes rencontrées au cours de l'ontogenèse.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Ostéogénèse dans les greffes de cartilage mort.* Note de M. **J. Nageotte**, présentée par M. Yves Delage.

Ce processus a été observé dans des rondelles de cartilage auriculaire de lapin, fixées dans l'alcool et greffées dans l'oreille d'animaux de même espèce. Il est ébauché dans tous les cas, mais ne se développe que dans un petit nombre d'expériences.

En règle générale, les capsules closes des greffons de cartilage mort conservent indéfiniment dans leur cavité les corps des cellules cartila-

gineuses tuées par le fixateur et elles ne se laissent pénétrer par aucune cellule vivante. La cause de cette résistance à l'invasion des éléments vivants est purement mécanique, car en réalité les cellules conjonctives de l'hôte sont attirées par les cavités de la substance cartilagineuse morte, qu'elles remplissent aussitôt qu'une fissure leur permet d'y pénétrer. La pénétration s'observe toujours dans les capsules entamées par l'instrument tranchant, au niveau des surfaces de section.

Les petits bourgeons conjonctifs, qui s'introduisent dans les capsules ouvertes, présentent des caractères qui les distinguent nettement du tissu cellulaire lâche ambiant, d'où ils proviennent : leurs cellules sont proportionnellement plus nombreuses et ont une forme générale légèrement différente de celle des fibroblastes ordinaires; de plus, le feutrage de leurs fibrilles collagènes est infiniment plus délicat que la trame du tissu cellulaire lâche.

Le plus souvent les choses s'arrêtent là, et rien alors ne permet de deviner que ces petits bourgeons conjonctifs sont en réalité des ébauches de moelle osseuse, ce qui devient évident lorsque l'évolution se poursuit.

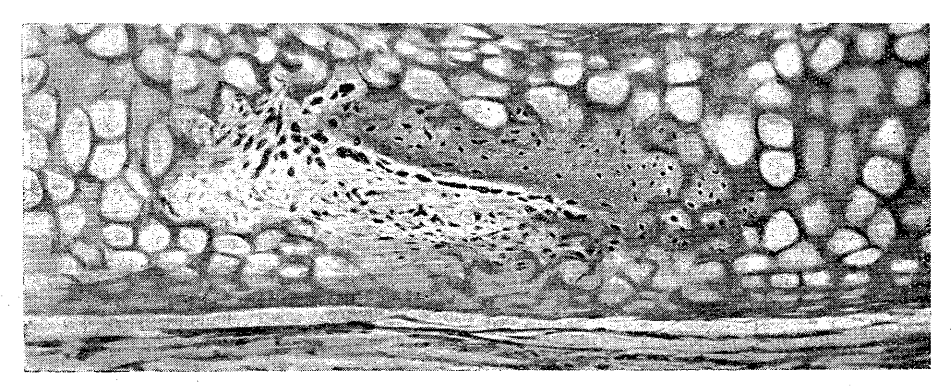
En pareil cas, les bourgeons conjonctifs pénètrent dans la profondeur du cartilage mort, en dissolvant sur leur passage la substance fondamentale. Lorsqu'ils sont arrivés au centre du greffon, leur pouvoir destructeur à l'égard de la substance cartilagineuse semble s'exalter, car ils se creusent une loge relativement volumineuse, qu'ils remplissent complètement. Bientôt apparaît, adossée à la substance cartilagineuse épargnée et lui adhérant, une aiguille osseuse qui est séparée du reste du bourgeon conjonctif par une rangée épithélioïde d'ostéoblastes; ces éléments, qui sont destinés à se transformer en ostéoplastes, proviennent eux-mêmes par métaplasie de cellules conjonctives du bourgeon. Le reste du bourgeon, qui se vascularise, prend de plus en plus l'aspect d'une moelle du type fibreux. La formation de ces noyaux osseux a lieu toujours dans les parties centrales du greffon et jamais à la périphérie.

L'analogie du processus qui vient d'être décrit avec l'ossification enchondrale de l'embryon se poursuit jusque dans certains détails. Ainsi l'on peut voir en quelques points des portions de cloisons persister incluses entre de petits nodules osseux qui se sont formés à l'intérieur de capsules cartilagineuses en parties conservées, de même qu'il persiste des travées de substance cartilagineuse dans l'épaisseur des lamelles osseuses, au cours de l'ossification enchondrale normale.

Ce qui manque seulement ici, c'est l'orientation des travées osseuses et

leur groupement suivant une architecture définie. Les canaux de Havers ne se constituent pas; il ne se forme qu'un peu de tissu osseux et non un os. En un mot, le processus est simplement histogénétique et non organogénétique. Par là ce phénomène se distingue essentiellement d'un autre phénomène décrit précédemment ([1]), qui aboutit à la formation d'une pièce squelettique surnuméraire au contact d'une greffe morte de cartilage ou de paroi artérielle.

L'ostéogenèse enchondrale dans les greffes mortes se rattache à un ordre de faits nouveaux. J'ai montré précédemment ([2]) que les tissus morts greffés attirent les fibroblastes et peuvent provoquer leur métaplasie. S'il s'agit du tissu conjonctif lâche, le repeuplement est très rapide et aucune métaplasie ne survient : au bout de peu de jours, la tunique externe d'une artère morte a repris ses habitants normaux et ne diffère plus en rien de ce qu'elle était avant d'avoir été tuée. Pour le tendon, le repeuplement est un peu plus lent,



Aiguille osseuse dans la profondeur d'un greffon de cartilage auriculaire mort deux mois après l'opération.

en raison de la difficulté du cheminement dans le tissu fibreux dense; une métaplasie se produit, puisque les fibroblastes migrateurs prennent les caractères des cellules tendineuses. Mais la façon dont se comporte la tunique moyenne des artères mortes, greffées et redevenues fonctionnelles, est particulièrement instructive : un très petit nombre d'éléments sont

([1]) J. Nageotte, *Formation de pièces squelettiques surnuméraires, provoquées par la présence de greffons morts dans l'oreille du lapin adulte* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 113).

([2]) J. Nageotte, *Sur la greffe des tissus morts* (*Ibid.*, t. 80, 1917, p. 460); *Reviviscence des greffes conjonctives mortes* (*Ibid.*, p. 889).

attirés, quoique les voies soient largement béantes dans la trame élastique au moment où se fait la phagocytose des fibres musculaires mortes, et tous les éléments immigrés se transforment en fibres musculaires, c'est-à-dire en éléments identiques à ceux qui habitaient le tissu avant sa mort (1).

Dans le cartilage mort, l'attraction des fibroblastes est évidente; lorsque l'ossification se produit, leur métaplasie est progressive; les cellules qui ont pu pénétrer se transforment successivement en cellules conjonctives de la moelle osseuse, en ostéoblastes, enfin en ostéoplastes. Cette métaplasie aboutit donc à la formation de cellules non pas identiques, mais supérieures d'un degré aux éléments qu'elles doivent remplacer; de même que chez l'embryon, ce sont des ostéoplastes qui se substituent aux chondroplastes. Naturellement il en résulte la nécessité d'un bouleversement complet de la substance interstitielle, qui fait contraste avec l'intégrité persistante de la trame conjonctive dans les autres catégories de greffes mortes.

PHYSIOLOGIE. — *La Karyokinétose; faits nouveaux et considérations générales*. Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

Dans une précédente Note (2), nous avons décrit, sous le nom de karyokinétose, une réaction nouvelle d'immunité, observée chez quelques chenilles de Macrolépidoptères. Depuis, nous avons eu l'occasion d'observer cette même réaction chez d'autres chenilles, en particulier celles de plusieurs espèces de *Mamestra* parasites du chou. La réaction est plus précoce que chez les chenilles d'*Euproctis chrysorrhœa* et *Lymantria dispar :* on observe généralement les premières figures de karyokinèse vers la vingtième heure, quelquefois même dès la quinzième; la réaction se poursuit pendant deux à trois jours environ. Toutes les espèces microbiennes entomophytes expérimentées la déterminent, même les Coccobacilles les plus pathogènes, comme *Bacillus melolonthæ liquefaciens* α, *Bacillus lymantriæ adiposus*. Il est à noter, toutefois, que ces derniers ne la provoquent qu'au premier passage, c'est-à-dire à leur minimum de virulence. L'intensité de la réaction

(1) J. Nageotte et L. Sencert, *Greffes fonctionnelles d'artères mortes* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 793); *Sur les phénomènes biologiques mis en évidence par les greffes fonctionnelles d'artères mortes* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 82, 1919, p. 45).

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 396.

varie avec les individus, mais dans de faibles limites. Le chauffage, la filtration sur porcelaine, n'altèrent pas sensiblement les propriétés de l'émulsion microbienne; on peut donc considérer la karyokinétose comme la conséquence directe de l'action d'un produit microbien particulier, sur les macronucléocytes du sang : la réaction apparaît, par suite, comme un phénomène indépendant de la phagocytose.

Le produit microbien qui provoque la karyokinétose est caractérisé par sa grande thermostabilité, il n'est pas détruit par le chauffage à 80°; l'ébullition, même prolongée quelques minutes, l'altère à peine; au-dessus de 100°, la destruction est rapide et complète.

Doit-on considérer la karyokinétose comme une réaction d'immunité au sens strict du mot? Nous le croyons. En effet, nous ne l'avons jamais observée chez les Insectes qui offrent peu de résistance à l'infection, par exemple : le Hanneton et sa larve, les chenilles de *Vanessa urticae*, d'*Eriogaster lanestris*, de *Pieris brassicae* et *Pieris rapae*. Or la phagocytose est plus ou moins active dans le sang de toutes ces espèces; elle est même très active pour certaines espèces microbiennes comme *Bacillus liparis*, et cependant la mortalité est élevée parmi les chenilles inoculées. L'immunité est aussi incomplète chez les chenilles plus résistantes, celles de *Lymantria dispar* par exemple. Nous possédons, par contre, un Coccobacille de Hanneton isolé cette année, vis-à-vis duquel un certain nombre de chenilles se montrent d'une immunité absolue, entre autres celle de *Lymantria*; ce Coccobacille n'est cependant pas phagocyté plus énergiquement par les micronucléocytes des chenilles que *Bacillus liparis*: or il provoque plus sûrement et plus intensément la karyokinétose que n'importe quelle autre espèce microbienne.

S'il n'y a pas là une preuve absolue du rôle actif de la karyokinétose dans l'immunité, du moins y a-t-il de fortes présomptions en faveur de cette hypothèse.

Il existe d'ailleurs, chez les Vertébrés, des phénomènes comparables à la karyokinétose : il est bien connu, par exemple, que les organes hématopoïétiques, la rate et les ganglions lymphatiques en particulier, fonctionnent anormalement lorsque l'organisme est en état d'infection. Bezançon et Labbé ont montré, d'autre part, que les maladies à mononucléose, c'est-à-dire celles où les organes producteurs de mononucléaires déversent dans le sang une quantité anormale de ces éléments, sont précisément celles qui laissent après elles une immunité durable (la variole, la fièvre typhoïde, par exemple). D'un autre côté, dans les maladies à polynucléaires, la mono-

nucléose apparaît à la convalescence et lorsqu'il y a un essai d'immunisation au moins pour un temps. Dans tous ces cas de mononucléose, il y a multiplication active des cellules mères de mononucléaires par karyokinèse.

Il est impossible de ne pas être frappé par la similitude de ces phénomènes réactionnels chez les Vertébrés les mieux organisés et les Invertébrés. Cette similitude s'explique si l'on admet que les macronucléocytes correspondent aux mononucléaires et les micronucléocytes aux polynucléaires. L'absence d'organes hématopoïétiques spécialisés chez les Insectes explique pourquoi la réaction de karyokinétose se manifeste dans le sang circulant, alors que chez les Vertébrés on l'observe seulement au niveau des organes spécialisés. Chaque macronucléocyte du sang d'Insecte fonctionnerait donc comme s'il constituait un organe hématopoïtique à lui seul.

De toutes façons, la conséquence de la réaction est une mononucléose ou une macronucléocytose, et le résultat une manifestation active de l'immunité.

Nous attirons l'attention sur l'importance de l'étude systématique des phénomènes de réaction immunitaire chez les Insectes et les Invertébrés d'une façon générale; la simplification de l'organisme facilite beaucoup cette étude; les résultats obtenus peuvent servir indirectement à mieux comprendre les actions beaucoup plus complexes auxquelles donnent lieu les organismes des êtres plus hautement différenciés.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Nouveaux essais de transmission du tréponème de la paralysie générale au lapin.* Note de MM. **A. Marie** (de Villejuif), **C. Levaditi** et **G. Banu**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré, en 1913 [1], que le tréponème circule dans le sang des paralytiques généraux; en effet, l'injection de ce sang dans le testicule et le scrotum du lapin, provoque l'apparition de lésions papulo-squameuses contenant de nombreux spirochètes, lésions transmissibles en série. Nous avons démontré ultérieurement [2] qu'entre le tréponème *neurotrope* de la maladie de Bayle et le spirochète *dermotrope* de la syphilis habituelle, il existe des dissemblances biologiques frappantes et qu'il y a lieu de considérer ces deux germes comme des variétés à part [3].

---

(1) Levaditi, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 864.

(2) Levaditi et A. Marie (de Villejuif), *Comptes rendus*, t. 158, 1914.

(3) Un Mémoire étendu paraîtra dans un autre Recueil.

Ayant repris ces recherches dès février 1919, il nous a été possible de conférer à nouveau des lésions spécifiques au lapin, par injection de sang de paralytiques généraux.

Voici les détails de ces nouvelles expériences :

SOUCHE I. — Sang du malade *Char*..., 34 ans. Paralysie générale depuis environ *deux ans*. Amnésie, déséquilibre mental, euphorie, immobilité pupillaire, tremblements fibrillaires de la langue. Pas d'antécédents spécifiques reconnus. Réaction de Wassermann positive dans le sang et le liquide céphalo-rachidien, le 17 juin 1919. Actuellement en état de rémission.

Le 17 juin, inoculation de 8^{cm^3} de sang frais dans le testicule et le scrotum du lapin n° 99 K. Réaction imflammatoire les jours suivants disparaissant deux semaines après. Le 29 août, soit 76 *jours* après l'inoculation, *lésions papulo-squameuses du prépuce*. Il s'agit d'efflorescences serpigineuses, disposées circulairement autour de l'orifice prépucial et au voisinage de l'anus. Très vasculaires, ces papules saignent au moindre contact. Elles sont couvertes de croûtes squameuses et renferment de nombreux tréponèmes mobiles. Le 22 septembre, on constate *une lésion semblable située à l'angle interne de l'œil droit* (présence de tréponèmes). Les lésions augmentent les jours suivants, elles persistent à l'heure actuelle.

SOUCHE II. — Un autre animal (lapin n° 34) a servi à l'inoculation du sang provenant de deux *paralytiques généraux*, dont voici les observations :

Pres..., 45 ans, réformé en 1918 pour paralysie générale. Syphilis à 25 ans. Euphorie, dysarthrie marquée, pupilles inertes, ptosis droit, réflexes patellaires indécis. Réaction de Wassermann positive avec le sang et le liquide céphalo-rachidien. Décédé.

Dor..., 36 ans, paralysie générale. Syphilis à 20 ans. Affaiblissement intellectuel, amnésie, signe d'Argyll, dysarthrie, marche incoordonnée. Réaction de Wassermann positive.

70 jours après l'inoculation, le lapin 34 montre des papulo-squames préputiales, avec de très nombreux tréponèmes. Ces lésions augmentent d'intensité le 5 septembre; 5 jours après on constate un phymosis dû à l'état inflammatoire et œdémateux du prépuce. Même état à l'heure actuelle, soit 81 jours depuis le début.

SOUCHE III. — *Lapin* n° 35, inoculé avec le sang des deux paralytiques généraux suivants :

Meu..., 40 ans. Paralysie générale en état de rémission. Affaiblissement démentiel, euphorie, instabilité, pysarthrie, inégalité pupillaire. Réaction de Wassermann positive.

Ca..., 44 ans. Affaiblissement psychique, inertie, dysarthrie très marquée, rigidité des pupilles, nie la syphilis (plusieurs enfants morts en bas âge et une fausse couche de sa femme). Réaction de Wassermann positive.

Le lapin n° 35 offre la même lésion que le lapin n° 34. Même état actuel (phymosis). Toutefois, les tréponèmes, présents le 5 septembre, ont disparu depuis.

PASSAGES. — Le virus de la souche n° I a servi à pratiquer des passages. Un lapin, inoculé dans le prépuce, a montré une lésion analogue aux précédentes, après une incubation de 14 jours (présence de tréponèmes).

Conclusions. — Confirmant nos résultats de 1913, il nous a été possible de transmettre au lapin le tréponème circulant dans le sang des paralytiques généraux et obtenir ainsi trois souches de virus neurotrope. Toutefois, ces souches diffèrent de celle que nous avons eu entre les mains la première fois, par la localisation des lésions, préputiale et anale, avec les virus récents, exclusivement scrotale pour l'ancien virus. En outre, cette fois-ci, nous avons constaté une manifestation palpébrale de nature métastatique (lapin 99). Quant aux détails histologiques des altérations engendrées par les virus P. G., ils sont identiques à ceux décrits dans notre première Note. A relever tout particulièrement l'affinité épithéliale des tréponèmes. Les spirochètes, en quantité considérable, pullulent autour et vraisemblablement aussi à l'intérieur des cellules épidermiques (couche de Malpighi), constituant un véritable feutrage enchâssant ces cellules.

A 16 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 NOVEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* Note (1) de M. **H. Deslandres**.

Cette Note est la suite de celles publiées sous le même titre dans les *Comptes rendus* de cette année le 5 mai, le 16 juin et le 6 octobre.

I. Le spectre de bandes a été représenté par un polynome du deuxième degré à trois variables ou paramètres indépendants m, n, p qui prennent les valeurs des nombres entiers successifs et correspondent à trois progressions arithmétiques fondamentales. Les variations de n et p donnent les raies arêtes ou les raies médianes des diverses bandes, et les variations de m donnent la bande elle-même.

Les formules générales (5), (6) et (7) du spectre ont été rapprochées des formules similaires qui représentent le mouvement vibratoire le plus général d'un corps sonore, avec vibrations longitudinales, tournantes et transversales (2). Mais on n'a admis nullement, comme quelques-uns ont pu le penser, que la vibration de l'atome ou de son noyau était identique à celle d'un corps élastique ordinaire, supposé très petit; d'autres vibrations,

---

(1) Séance du 27 octobre 1919.

(2) Il convient en effet d'ajouter les vibrations tournantes, omises dans la Note du 6 octobre, dont les harmoniques se succèdent comme ceux des vibrations longitudinales. Une verge à section rectangulaire a au moins trois vibrations longitudinales, six transversales et trois tournantes, qui sont distinctes et accompagnées chacune d'un train d'harmoniques. Le spectre de bandes, d'après la formule, aurait au plus six ou sept vibrations différentes.

d'ordre électrique en particulier, développées dans un espace à trois dimensions, et signalées déjà dans les Notes précédentes, conduisent aussi aux mêmes formules; de plus, si les analogies sont *a priori* frappantes, il y a aussi des différences. En fait, le mouvement sonore, qui est, de tous, le plus accessible et le mieux connu, est introduit dans la question simplement comme un guide précieux, qui fournit des suggestions et des indications utiles. Parfois les points communs se maintiennent dans les petits détails; ainsi les petits écarts des fréquences observées par rapport aux lois arithmétiques rigides ont la même allure dans les deux cas.

La formule du spectre la plus générale est la formule (6) ci-dessous,

$$(6)\qquad \nu = \left(\frac{F(n.p)}{2} \times m + f_1(np) \times m\right) + \left(\frac{B}{2} n^2 + b_1 n\right) - \left(\frac{C}{2} p^2 + c_1 p\right) + K$$

qui sera seule employée dans cette Note. Les constantes b_1, c_1, K, dont les variations ont été déjà examinées, ont une signification physique, qu'il est bon de préciser. La constante K est la fréquence de la raie arête ou médiane qui a le numéro d'ordre o dans les trois progressions en m, n et p; dans ce qui va suivre, la raie o de la progression m sera la raie arête de la bande, et il sera question seulement des progressions n et p. Si l'on désigne par $\Delta_1^n(0,1)$ et $\Delta_1^p(0,1)$ les intervalles ou différences premières des raies o et 1 dans les progressions n et p, les coefficients b_1 et c_1 sont égaux respectivement à $\Delta_1^n(0,1) - \frac{B}{2}$ et $\Delta_1^p(0,1) - \frac{C}{2}$; et, comme les progressions n et p peuvent être prolongées à l'infini dans les deux sens avec des nombres d'ordre positifs et négatifs, comme une quelconque de ces raies, réelles ou fictives, peut être choisie comme raie origine, les valeurs possibles de K, b_1 et c_1 sont en nombre infini. Ainsi, dans les expressions numériques des deux premières Notes, la raie origine ou raie arête oo était fictive; mais une raie arête réelle et même caractéristique est à beaucoup d'égards meilleure. Dorénavant la raie origine sera placée dans la bande la plus intense, qui, en général, occupe la partie médiane du spectre, du côté des petites longueurs d'onde. On a déjà commencé dans la Note précédente du 6 octobre, en particulier avec le deuxième groupe de bandes du cyanogène [1].

II. Le spectre des régions lumineuse et ultraviolette, résolu en raies fines,

---

[1] La constante y représente bien la fréquence de la bande maxima; mais elle a été, dans un but spécial, mise sous la forme $a_1 m' + b_1 n' - c_1 p'$, et se trouve un peu masquée.

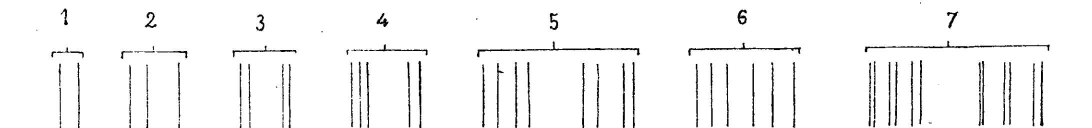
est ainsi bien représenté, et tout prêt pour la comparaison avec les autres spectres similaires. Les coefficients b_1 et c_1 donnent les intervalles moyens des éléments qui le constituent, et la constante K, égale à la fréquence de la bande maxima, indique à première vue la position du spectre dans l'échelle spectrale. La comparaison est aussi facile avec les bandes infra-rouges, représentées par la fréquence de leur partie la plus intense. Ces bandes infra-rouges diffèrent, il est vrai, des précédentes; obtenues avec une dispersion beaucoup plus faible, elles sont non résolues et dégradées dans les deux sens. En réalité, chacune correspond à un groupe de bandes de la région lumineuse; lorsqu'on augmente la dispersion, elle se divise en maxima secondaires. On peut rapprocher la bande infra-rouge non résolue et le spectre de bandes résolu, quand on considère seulement dans chaque cas la partie la plus intense.

J'ai comparé ainsi les fréquences de la bande ou partie la plus intense dans tous les spectres de bandes, ultraviolets, lumineux et infra-rouges, dus à l'azote et au carbone. La plupart des spectres sont d'émission; quelques-uns sont obtenus par phosphorescence et absorption. Cette comparaison a fait ressortir la relation suivante, très simple : *Les fréquences de la bande maxima sont des multiples d'une même fréquence infra-rouge*. La constante K de la formule (6) peut être représentée par l'expression $K = d_1 q$; q étant un nombre entier spécial à chaque spectre et d_1 une constante qui est la même au moins pour les spectres dus à un même corps simple.

Les plus beaux spectres de baudes connus sont émis par l'azote, le carbone et leurs composés; ce qui tient peut-être à ce que les gaz formés avec ces éléments sont les plus communs et donc les plus étudiés. J'estime cependant que la cause est dans la constitution intime de ces corps simples; leurs spectres de lignes, pauvres en raies, n'offrent pas de séries de Balmer; par contre, les spectres de bandes sont nombreux, réguliers et étendus, les vibrations émises se chiffrant par dizaines de mille. J'ai examiné d'abord les divers spectres de bandes de l'azote, à savoir : les premier, deuxième et troisième groupes, le groupe ultraviolet de Lyman, émis simultanément dans la partie positive de l'étincelle électrique; le groupe du pôle négatif, les premier et deuxième groupes du cyanogène, les premier et deuxième groupes de phosphorescence et enfin le spectre d'absorption du gaz ammoniac. Tous les spectres, sauf le dernier, sont d'émission; et la plupart sont rapportés à l'azote seul. Ainsi le troisième groupe positif, attribué d'abord à un composé oxygéné, est dû à l'azote, d'après Fowler; et le deuxième

groupe du cyanogène a été reconnu récemment comme émis par l'azote seul.

On peut s'étonner qu'un même corps simple puisse émettre simultanément plusieurs spectres de bandes différents, et il est bon de préciser ici les différences. La bande, comme on sait, n'est pas formée par une seule série de raies en progression arithmétique, mais par plusieurs séries enchevêtrées; autrement dit, la bande est constituée par la répétition de groupements de raies, tels que doublets, triplets, etc. Le dessin ci-dessous, destiné à une



autre Note, reproduit les principaux groupements élémentaires, numérotés de 1 à 7, relevés dans les bandes. Or le groupement élémentaire est le même dans toutes les bandes d'un même spectre ou groupe; il est différent dans des groupes différents, et c'est ainsi qu'on a séparé les premier, deuxième et troisième groupes positifs de l'azote émis simultanément, dont les bandes sont juxtaposées et enchevêtrées.

Les éléments de la comparaison et leurs résultats sont résumés dans le Tableau annexé. La deuxième colonne indique pour chaque spectre la classe de Konen par un chiffre romain et le groupement élémentaire par un chiffre arabe; les quatrième et cinquième colonnes, les plus importantes, donnent la fréquence de la bande d'intensité maxima et en face le multiple correspondant d'une fréquence infra-rouge égale à 4250 environ. Mais cette dernière fréquence est égale exactement à quatre fois 1062,5, qui, en nombres de vibrations, représente la large bande d'absorption $(\lambda \neq 9^{\mu},4)$ du gaz ammoniac, d'après les mesures de Coblentz. Les fréquences des bandes maxima, pour tous les spectres de l'azote, sont à peu près les multiples de 1062,5.

De plus, cette fréquence 1062,5 a été déjà signalée dans la Note précédente du 6 octobre comme attachée aux spectres de l'oxygène; les deux bandes infra-rouges d'absorption du gaz et le groupe de bandes infra-rouges et lumineuses sont des multiples de ce nombre. La même fréquence 1062,5 se retrouve aussi dans tous les spectres de bandes du carbone, de l'infra-rouge à l'ultraviolet, aussi nettement qu'avec l'azote. La place manque pour donner la comparaison avec tous les détails utiles; et je présente simplement le Tableau ci-après (p. 750), très succinct :

	Noms des spectres de bandes.	Numéros de la classe et du groupement élémentaire.	Limites du spectre en fréquences.	Fréquence de la bande d'intensité maxima.	Multiples des fréquences élémentaires.	Limites des différences: premières Δ_1^n de la progression *n*.	Limites des différences: premières Δ_1^p de la progression *p*.	Raison F(*np*) de la bande d'intensité maxima.
Az pôle positif.	1er *groupe de l'azote* infra-rouge et lumineux.	II	de 9400 à 19600	17224 =	4 × 4306 ou 16 × 1062,5 = 17000	de 1021 à 1403	de 1558 à 1128	
	2e *groupe de l'azote* lumineux et ultraviolet.	I 7	de 18200 à 35600	29656 =	7 × 4238 ou 28 × 1062,5 = 29750	de 1412 à 1704	de 1993 à 1775	0,37
	3e *groupe de l'azote* ultraviolet.	I 5	de 33000 à 48700	42176 =	10 × 4217 ou 40 × 1062,5 = 42500	de 1668 à 1873	de 2350 à 2120?	0,64
	Groupe de Lyman ultraviolet Shumann.		de 53400 à 72200	64333 =	15 × 4288 ou 61 × 1062,5 = 64812			
Az pôle négatif.	*Groupe du pôle négatif* lumineux et ultraviolet.	I 3	de 14900 à 30300	25546 =	6 × 4258 ou 24 × 1062,5 = 25500	de 2103 à 2178	de 2365 à 2326	0,294
Cyanogène.	1er *groupe dit « du cyanogène »* lumineux.	II	de 12000 à 20600	17025 =	4 × 4256 ou 16 × 1062,5 = 17000	de 1910 à 2047	de 1715 à 1418	
	2e *groupe dit « du cyanogène »* lumineux et ultraviolet.	I 3	de 21700 à 28000	25743 =	6 × 4290 ou 24 × 1062,5 = 25500	de 1899 à 2030	de 2110 à 1983	0,136
Az phosphorescent.	1er *groupe phosphorescent* lumineux et ultraviolet.	I	de 23300 à 44800	32940 =	8 × 4118 ou 31 × 1062,5 = 32937	de 1545 à 1818	de 1018 à 997	
	2e *groupe phosphorescent* ultraviolet.	I	de 34400 à 44200	39192 =	9 × 4355 ou 37 × 1062,5 = 39312	de 1561 à 1704		
AzH^3.	*Bande d'absorption du gaz ammoniac* infra-rouge.			1062,5 =	$\frac{4250}{4}$ ou 1062,5			

Bande ou spectre du carbone et de ses composés.	Fréquence de la partie maxima.	Multiple de 1062,5.
Bandes infra-rouges.........	3125	3 × 1062,5 ou 3187
	4250	4 × 1062,5 ou 4250
	6250	6 × 1062,5 ou 6375
Premier groupe carbone.....	19355	18 × 1062,5 ou 19125
Deuxième groupe...........	19275	
Troisième groupe...........	31905	30 × 10625 ou 31875
Groupe négatif.............	41380	39 × 10625 ou 41437
Quatrième groupe..........	43700	41 × 10625 ou 43562

Il y a encore deux bandes infra-rouges des composés carbonés dont les fréquences sont voisines de $\frac{3}{2} \times 1062,5$ et $\frac{3}{4} \times 10625$, et il est possible qu'un sous-multiple de 1062,5 puisse mieux convenir.

En résumé, la loi posée ci-dessus est vérifiée de façon très approchée, et même il est possible que la fréquence élémentaire, plusieurs fois répétée avec trois éléments, soit la même pour tous les corps ou un groupe important de corps; elle serait comparable à la constante universelle trouvée par Rydberg pour les spectres de lignes.

III. Cette loi n'est pas absolument nouvelle; elle a été déjà indiquée pour les spectres d'absorption et de phosphorescence des composés organiques. Elle est, par le présent travail, étendue aux spectres d'émission et à des corps simples; et elle est reconnue plus sûrement avec les spectres résolus en raies fines des régions lumineuse et ultraviolette.

On invoque en général avec la loi la règle de Bjerrum qui, appuyée sur des considérations théoriques, admet pour la bande une constitution très simple. La bande (ou le groupe de bandes) serait représentée par l'expression $\nu_0 \pm n\nu$, ν_0 étant la fréquence de son milieu, ν la fréquence de rotation de l'atome et n un nombre entier. En fait, à la fréquence du milieu de la bande se superpose un spectre de bandes tout entier, à trois paramètres, représenté par la formule (6) à six termes; la différence est très grande.

Les vérifications de la règle de Bjerrum ont porté jusqu'ici presque exclusivement sur les bandes infra-rouges non résolues, et l'on constate une fois de plus l'insuffisance de nos moyens d'investigation dans cette région.

D'après les Tableaux précédents, le premier groupe de l'azote et le premier groupe du cyanogène, le groupe négatif de l'azote et le deuxième

groupe dit *du cyanogène*, le premier et le deuxième groupe du carbone, réunis par deux, ont une propriété commune : les fréquences de la bande d'intensité maxima sont à peu près les mêmes. Les spectres, il est vrai, sont différents sur d'autres points; ils ont des différences premières et des raisons très dissemblables.

Plusieurs autres remarques sont à faire sur ces Tableaux (¹); je noterai ici seulement que les groupements élémentaires, indiqués pour chaque spectre dans la deuxième colonne, se simplifient lorsqu'on avance vers l'ultraviolet; les spectres les plus complexes, ceux de la classe II de Konen en particulier, sont du côté de l'infra-rouge.

IV. Peut-on expliquer tous ces faits curieux et concevoir un arrangement des choses qui leur donne naissance. J'ai pensé à l'explication suivante : Le noyau de l'atome est un cylindre à base circulaire qui tourne autour de l'axe, et son épaisseur dans le sens de l'axe est la même pour tous les atomes; par contre, le diamètre de la base circulaire est variable. Or le noyau est le siège de vibrations longitudinales développées dans le sens de l'axe, à peu près comme dans une verge sonore. La vibration fondamentale a la fréquence qualifiée ci-dessus d'élémentaire, et elle est la même pour tous les éléments, puisque l'épaisseur est la même. Les harmoniques supérieurs donnent les fréquences des bandes maxima dans les spectres successifs (²). De plus, à la grande vibration longitudinale se superposent les vibrations des anneaux d'électrons, suivant les trois dimensions de l'espace, suivant l'axe et deux directions rectangulaires; d'après les calculs de Nagaoka (³), ces dernières vibrations sont justement celles de la formule générale (6). Les divisions imposées au noyau par les surfaces nodales

(¹) Il faut aussi noter que les différences Δ_1^n des progressions n se suivent dans les divers spectres et augmentent du rouge au violet; elles forment une même progression. On est conduit à penser que les harmoniques d'une même vibration se partagent entre les spectres.

(²) Aux basses températures, les atomes s'unissent; j'admets qu'ils se superposent à la façon des petits aimants d'Ampère et de Ritz. La fréquence fondamentale, égale à d_1 pour un atome isolé, devient $\frac{d_1}{r}$ pour r atomes; et la constante K de la formule (6) prend la forme plus générale $K = d_1 \frac{q}{r}$; le nombre entier r est petit, et jusqu'à présent s'est manifesté seulement dans les bandes infra-rouges.

(³) Les calculs de Nagaoka ont été critiqués, et la question doit être reprise. On peut aussi invoquer les vibrations transversales du noyau et les autres vibrations, plus ou moins modifiées par les anneaux d'électrons.

peuvent expliquer la variation des groupements élémentaires et leur simplification avec la fréquence croissante.

Ces vibrations exigent que les ébranlements dans le sens de l'axe s'y propagent avec une vitesse notablement inférieure à la vitesse de la lumière. La condition est admissible : la substance spéciale du noyau est supposée électrisée dans sa masse, ainsi que dans l'atome de J.-J. Thomson, et elle peut se rapprocher de la matière ordinaire plus que du vide, pour la propagation des petits déplacements.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du bassin houiller du Gard.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Georges Friedel**.

A la demande de M. Fèvre, ingénieur délégué du Conseil d'administration de la Compagnie des Mines de la Grand'Combe, et grâce à la libéralité de cette Compagnie, nous avons repris en octobre 1918 et nous poursuivons depuis cette époque l'étude géologique du bassin houiller du Gard, laissée inachevée par C. Grand'Eury (1), Marcel Bertrand (2) et J.-B. Marsaut (3) : œuvre de longue haleine, qui est encore loin d'être terminée. La tâche nous est facilitée par le concours de MM. Paul Bertrand, pour les questions de paléobotanique, et Paul Thiéry, pour celles qui concernent la stratigraphie et la tectonique des morts-terrains d'âge secondaire. Dans les bureaux de toutes les Compagnies minières du bassin, les plans et coupes des travaux souterrains et les renseignements géologiques recueillis, soit à la surface, soit dans la mine, par les ingénieurs et les géomètres, ont été, très obligeamment, mis à notre disposition.

Nous croyons le moment venu de faire connaître les premiers résultats de notre étude, ceux qui, ayant quelque importance pour la compréhension de la structure générale, nous paraissent définitivement acquis.

1° *Rapports du faisceau de Sainte-Barbe avec les faisceaux de la Grand'-Combe et du Pradel.* — Le faisceau de Sainte-Barbe est de l'âge des couches

(1) C. Grand'Eury, *Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard*, Saint-Étienne, 1890.

(2) Marcel Bertrand, *Bassin houiller du Gard* (*Ann. des Mines*, 9e série, t. 17, 1900, p. 505-618).

(3) J.-B. Marsaut, *Contribution à l'étude du bassin houiller du Gard* (*Bulletin de la Soc. de l'Industrie minérale*, Saint-Étienne, 1914).

de Rive-de-Gier (Stéphanien tout à fait inférieur); le faisceau de la Grand'-Combe, allant de la couche Champclauson à la couche Grand'Baume, et de celle-ci aux couches trouvées par le sondage de Ricard à 740^m et 790^m environ au mur de Grand'Baume, est de l'âge des couches de Saint-Étienne (Stéphanien supérieur et Stéphanien moyen). Cette conclusion, fondée sur la paléobotanique, a été formulée autrefois par Grand'Eury et Zeiller en ce qui concerne Champclauson et Grand'Baume. Elle a provoqué la poursuite du sondage de Ricard, à la recherche de Sainte-Barbe, et amené la découverte des couches inférieures qui appartiennent, non à l'étage de Rive-de-Gier, mais bien encore à celui de Saint-Étienne; Marcel Bertrand l'a admise sans hésiter; la révision des flores, par M. Paul Bertrand, l'a amplement confirmée : aucun doute ne saurait subsister à son égard.

Et cependant, le faisceau de Sainte-Barbe, exploité dans la Montagne-Sainte-Barbe, *repose sur* le faisceau de Grand'Baume. Ce *recouvrement* incontestable d'un système plus jeune par un système plus ancien a été le point de départ de la théorie de Marcel Bertrand sur la structure du bassin houiller du Gard. *L'accident du col Malpertus*, qui sépare, tout le long du ravin de la Grand'Combe, Sainte-Barbe de Grand'Baume, est une *surface de charriage*. C'est l'avancée du paquet charrié, du Sud-Est vers le Nord-Ouest, qui a plissé le Houiller du substratum, le Houiller autochtone, et déterminé les *crochons* des couches Grand'Baume et Champclauson, et de leurs couches-satellites. Il y a, d'ailleurs, quelques différences lithologiques entre les roches du paquet charrié et les roches du substratum : ici, de nombreux bancs de *grattes* à galets de micaschistes, quelques lits schisteux à nodules de sidérite, des charbons maigres à cendres relativement infusibles; là, des grès blancs, fins, sans aucune gratte à galets de micaschistes, et des charbons plus gras, dont les cendres sont fusibles.

A l'est du paquet charrié, entre ce paquet et le bord occidental du promontoire de micaschistes du Rouvergue, affleure un faisceau de couches, dit *du Pradel*. Marcel Bertrand les a assimilées à celles du sondage de Ricard, contrairement à l'opinion de Grand'Eury qui y voyait un système plus ancien que Sainte-Barbe. Marsaut, sur ce point, est d'accord avec Marcel Bertrand. C'est également à la conclusion de Marcel Bertrand que notre étude nous a conduits. La flore des couches du Pradel est entièrement analogue à celle de Grand'Baume. Les couches du Pradel appartiennent au faisceau de la Grand'Combe; elles en forment la base, en repos normal sur les micaschistes du Rouvergue; on y retrouve les caractères lithologiques cités plus haut : présence des grattes à galets de micaschistes et des lits schisteux

à nodules de sidérite, charbons maigres à cendres infusibles. Le paquet charrié ne va donc pas, au Pradel, jusqu'aux micaschistes. La surface de charriage sur laquelle il s'est déplacé se relève et affleure entre le bord du Rouvergue et la Montagne-Sainte-Barbe, non loin de la route nationale Moulins-Nîmes.

Sur ces diverses points, nous avons précisé et rectifié les observations de Marcel Bertrand. Quelques-uns des arguments par lesquels il établissait le charriage doivent être abandonnés : la brèche de friction qu'il a signalée près du puits du Pontil n'est probablement qu'une gratte à galets de micaschistes du Houiller autochtone; les petites couches de l'Affenadou, qu'il rattachait au paquet charrié, ont la flore de Grand'Baume et font donc partie du substratum. Mais il y a de nouveaux arguments, convaincants et décisifs. La surface de charriage est aisément observable près de Ricard, vers le débouché du ravin de Sans-Nom; et elle est, là, presque horizontale. Dans le haut de ce ravin, elle monte à peu près comme le thalweg, et on l'observe sur les bords d'une longue *fenêtre* déchirant le paquet charrié et montrant, sous lui, le Houiller autochtone, discordant et redressé. Quant

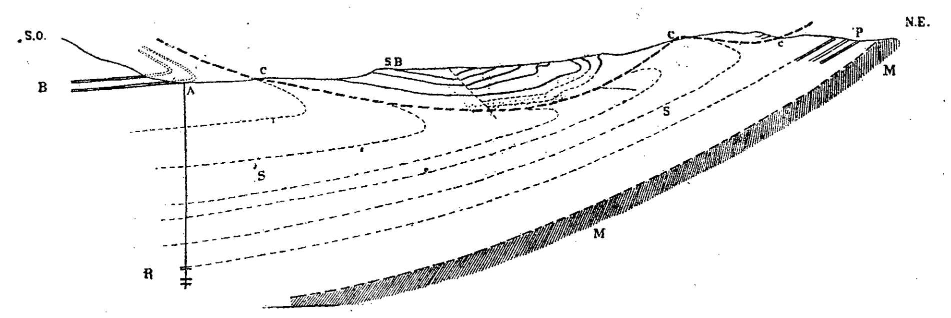


Fig. 1. — Coupe de Ricard au Pradel, par le ravin de Sans-Nom.

SB, faisceau de Sainte-Barbe (flore de Rive-de-Gier); C, C, ..., surface de charriage coïncidant, à gauche, avec l'accident dit du col Malpertus; B, faisceau de Grand'Baume (flore de Saint-Étienne); P, faisceau du Pradel (flore de Saint-Étienne); R, faisceau de Ricard (flore de Saint-Étienne); S, S, étage stérile dit de Feljas-Ricard (Marsaut); M, micaschistes du Rouvergue; A, sondage de Ricard, partant du mur de Grand'Baume, immédiatement sous le crochon de cette couche. Échelle approximative $\frac{1}{30000}$.

au rattachement des couches du Pradel au système de la Grand'Combe, il ressort clairement de la coupe relevée dans le travers-bancs dit *du Carral*, au puits du Pontil (cote 155 au-dessus de la mer). Ce travers-bancs, qui part du dressant de Grand'Baume et s'avance dans le mur de ladite couche, coupe successivement des strates renversées, puis des couches verticales, enfin des couches plongeant régulièrement vers l'Ouest; il atteint ainsi,

sans rencontrer d'accident important et sans changement dans la nature des roches, les couches du faisceau du Pradel. La surface de charriage ne descend pas, dans la région du Carral, jusqu'à la cote 155. Dans l'ensemble, c'est une surface onduleuse, fréquemment horizontale. La figure 1, ci-contre donne une idée suffisante de son allure et résume les faits que nous venons d'exposer.

Çà et là, un *lambeau de poussée*, peu épais et de faible extension horizontale, s'intercale entre le paquet Sainte-Barbe et le substratum autochtone. C'est ce que l'on observe au Carral et aussi dans la *fenêtre* du ravin de Sans-Nom. On verra plus loin que le faisceau des couches Mas-Dieu et Sans-Nom de Laval, exploité par le puits du Mas-Dieu, est un lambeau de poussée, analogue, mais de très grandes dimensions; et qu'il en est de même de tout le faisceau dit *de Bessèges*.

2° *Région de la Cèze et de l'Auzonnet.* — La région de la Cèze et de l'Auzonnet, dans le bassin houiller du Gard, est séparée de la région de la Grand'Combe par le promontoire de micaschistes du Rouvergue. Elle comprend les mines de Bessèges, de Lalle, de Sallefermouse, de Gagnières, de Molières, de Saint-Jean-de-Valériscle et de Trélys. Entre Trélys et la Grand'Combe, il y a une région intermédiaire dont la structure est très compliquée et qui comprend les anciennes exploitations et recherches de Mercoirol et la mine de Laval ou du Mas-Dieu.

A la base de toute la formation houillère et reposant, en repos normal, sur les micaschistes, un faisceau de couches existe, que l'on appelle *l'Arcas*, à Trélys, et *le Feljas*, à Bessèges. Grand'Eury a signalé l'identité des flores du Feljas et du Pradel; mais, trompé par le fait que les couches du Feljas sont situées *sous* le faisceau de Bessèges, il a rattaché Feljas, Arcas et Pradel à la base de ce faisceau, attribué lui-même à l'étage de Rive-de-Gier. Marcel Bertrand, qui a su se dégager de cette erreur en ce qui concerne les couches du Pradel, a suivi Grand'Eury dans son attribution fautive des couches du Feljas à la base du faisceau de Bessèges. C'est Marsaut qui, le premier, a affirmé que le Feljas est, comme le Pradel, l'équivalent des couches du sondage de Ricard. Le faisceau Arcas-Feljas est alors la base du faisceau de la Grand'Combe. M. Paul Bertrand, par l'étude des flores, a confirmé définitivement l'opinion de Marsaut. Cette conclusion s'étend au faisceau dit de la *Montagne-de-Trélys* (couches dites *Feljas* n° 1 et *Feljas* n° 2).

Mais Marsaut, pour n'avoir jamais voulu tenir compte de la paléobotanique, s'est trompé à son tour sur l'âge du faisceau de Bessèges, qu'il a

assimilé au faisceau de la Grand'Combe. Ce faisceau de Bessèges est bien, ainsi que le voulait Grand'Eury, contemporain de l'étage de Rive-de-Gier, contemporain, par conséquent, du faisceau de Sainte-Barbe. Et comme Bessèges repose partout sur le système Arcas-Feljas, qui est de l'âge de Saint-Étienne, cette superposition d'un faisceau plus ancien sur un faisceau plus jeune est nécessairement une superposition *anormale*, un *recouvrement* consécutif à un *charriage*. *Bessèges est un paquet charrié;* et c'est une surface de charriage qui le sépare de la partie haute du Feljas, partie haute qui est le plus souvent stérile et que Marsaut a très justement appelée *étage stérile Feljas-Ricard*.

La surface de charriage en question se place d'elle-même sur les coupes et sur la carte de Marsaut; elle plonge à l'Est ou au Sud-Est sous un angle d'une trentaine de degrés. Près de cette surface, à la base du paquet charrié, les couches sont violemment contournées et disloquées. Le paquet lui-même a une allure lenticulaire, bien visible sur les coupes de Marsaut; et il tend à se coincer en profondeur : c'est pour cela que le puits Parran, des mines de Gagnières, a atteint, sans rencontrer aucune couche de Bessèges, un faisceau de couches maigres qui, d'après leur flore, appartiennent certainement au Feljas.

Le paquet charrié (faisceau de Bessèges) s'enfonce à l'Est sous une puissante série de schistes stériles, l'étage stérile de Gagnières (comme l'appelle Marsaut), au-dessus duquel viennent, sans aucune discontinuité, le faisceau gras de Gagnières et les faisceaux de Molières et de Saint-Jean-de-Valériscle. Il est impossible de regarder la série des coupes de Marsaut sans se convaincre qu'une deuxième surface de charriage passe à la base de l'étage stérile de Gagnières, à la base du *brouillage* de schistes figuré sur toutes les coupes, là même où Marsaut place ce qu'il nomme *la berge*.

Tout concourt à produire cette conviction : l'allure lenticulaire et les plissements, en plis couchés vers l'Ouest, du faisceau de Bessèges; l'identité, ou tout au moins l'analogie, des flores de Molières et de Bessèges; l'association, dans les couches grasses de Gagnières, de *Mixoneura flexuosa* et de *Pecopteris lamurensis*, association qui semble indiquer que l'on est, là, à la base de l'étage de Rive-de-Gier et par conséquent dans des couches plus anciennes que les couches supérieures de Bessèges. Marcel Bertrand se trompait en cherchant entre Gagnières et Molières le passage de la surface de charriage, base du paquet charrié de Sainte-Barbe. Marsaut a raison d'affirmer la parfaite continuité stratigraphique entre l'étage stérile de Gagnières, les couches grasses de Gagnières et les couches de Molières et

de Saint-Jean; mais il a tort de croire au repos normal de cette puissante série sur le faisceau de Bessèges. *Cette puissante série est charriée par-dessus Bessèges.* Il n'y a d'autochtone, dans la région de la Cèze et de l'Auzonnet, que l'étage du Feljas, qui est de l'âge de la Grand'Combe et qui est ce qu'il y a de plus jeune. Sur lui viennent deux paquets charriés, formés de couches plus anciennes : l'un, de forme lenticulaire et rapidement effilé dans tous les sens, qui est Bessèges; l'autre, énorme et dont on ne connaît point les limites, qui est l'ensemble Saint-Jean, Molières, Gagnières (gras), étage stérile de Gagnières. Ces deux paquets viennent de l'Est ou du Sud-Est; on ne peut pas préciser leur origine à cause des morts-terrains sous lesquels le paquet supérieur s'enfonce à l'Est et au Sud. La figure 2 ci-dessous rend compte de cette structure.

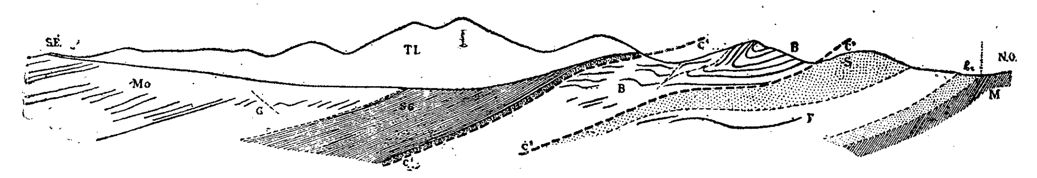


Fig 2. — Coupe transversale du bassin de Bessèges passant par la galerie de Créal (coupe n° 27 *bis* de Marsaut, avec une autre interprétation).

TL, morts-terrains (Trias et Lias); M_0, faisceau de Molières; G, faisceau gras de Gagnières; SG, étage stérile de Gagnières; B, faisceau de Bessèges; S, étage stérile Feljas-Ricard; F, faisceau du Feljas (Arcas, Pradel, Ricard); br., brèche de base; M, micaschistes du Rouvergue; C^1, C^1, ..., surface de charriage, base du paquet supérieur; C^2, C^2, ..., surface de charriage, base du paquet inférieur. Échelle approximative $\frac{1}{60000}$.

3° *Région de Laval et du Mas-Dieu.* — La lentille de Bessèges se poursuit, au Sud, jusqu'à Mercoirol-Haut, où elle s'applique, très amincie, sur les micaschistes, le système Feljas-Ricard se terminant en pointe au delà du golfe de Crouzoules pour ne plus reparaître que de l'autre côté du Rouvergue, près du Pradel.

Dans la mine de Laval (puits du Mas-Dieu), il n'y a pas moins de quatre faisceaux différents, séparés par trois failles plates, ou surfaces de charriage, d'inégale importance : tout en haut, le faisceau Sainte-Barbe, qu'on peut suivre, au Nord-Ouest, jusqu'à la montagne Sainte-Barbe et jusqu'à Ricard; sous lui, un faisceau à *Mixoneura flexuosa;* plus bas, un faisceau productif, où se mélangent les flores de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier; enfin, tout à la base, le système Grand'Combe ou Pradel, seul autochtone. Il est probable que le faisceau à *Mixoneura flexuosa* appartient à la base de Sainte-Barbe et n'a subi, par rapport à Sainte-Barbe, qu'un faible déplacement horizontal. Les charriages principaux sont, l'un sous le faisceau à

Mixoneura, l'autre entre le faisceau productif (Mas-Dieu, Sans-Nom de Laval) et le Houiller autochtone. Le faisceau productif des couches Mas-Dieu et Sans-Nom nous paraît être l'équivalent tectonique du paquet ou *écaille* de Bességes; et le paquet Sainte-Barbe, l'équivalent tectonique, et même, sans doute, le prolongement du grand paquet ou de la grande *écaille* Gagnières, Molières, Saint-Jean.

On voit ainsi se dessiner, pour toute la partie du bassin du Gard qui est au nord du parallèle de Laval, une allure tectonique unique, conforme, dans son ensemble, à la conception géniale de Marcel Bertrand.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réduction catalytique des éthers acétiques halogénés.* Note (¹) de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

Dès 1904, nous avons indiqué que l'hydrogénation directe pratiquée en présence de nickel au-dessus de 270° permet de réaliser régulièrement la réduction des dérivés chlorés ou bromés *aromatiques*, le chlore ou le brome étant éliminés en hydracide et remplacés progressivement par de l'hydrogène. La réaction est aisée pour les chlorobenzènes qui sont ramenés à l'état de benzène ou de dérivés chlorés inférieurs; pour les chlorotoluènes; pour les chlorophénols qui régénèrent le phénol; pour les chloranilines qui reviennent à l'aniline. Elle a lieu de la même manière, quoique généralement moins vite, avec les dérivés bromés (²).

La réduction échoue au contraire pour les dérivés chlorés, bromés ou iodés *forméniques*, parce que le chlorure de nickel issu d'une action positive initiale les dédouble rapidement en carbure éthylénique et hydracide (³).

Des réductions directes par l'hydrogène ont été réalisées depuis lors par divers chimistes qui faisaient agir ce gaz sur la matière halogénée, dissoute dans un liquide approprié tenant en suspension du platine ou du palladium divisé (⁴).

Nous avons vérifié que notre procédé de réduction directe par hydrogénation sur le nickel en système gazeux peut être étendu à d'autres cas et

---

(¹) Séance du 27 octobre 1919.

(²) Paul Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 245.

(³) Paul Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 238.

(⁴) Busch et Stove, *Ber.*, t. 49, 1916, p. 1063. — Breteau, *Bull. Soc. chim*, 4ᵉ série, t. 23, 1918, p. 91. — Rosenmund et Zetsche, *Ber.*, t. 51, 1918, p. 579, etc.

appliqué spécialement à des molécules dont le groupe fonctionnel est stable vis-à-vis de l'hydrogénation.

Il en est ainsi pour les éthers acétiques halogénés.

Monochloracétate d'éthyle, $CH^2Cl.CO.OC^2H^5$. — Cet éther, qui bout à 143°, est préparé très aisément en chauffant ensemble pendant 5 heures dans un appareil à reflux l'acide monochloracétique avec deux fois son poids d'alcool et 3 centièmes d'acide sulfurique.

Ses vapeurs, entraînées par un excès d'hydrogène sur une traînée de nickel réduit, ne subissent encore à 200° aucune transformation notable; mais la réduction se manifeste vers 250° et se poursuit rapidement à 300° ou au-dessus. Le gaz dégagé au delà du condenseur entraîne des torrents d'acide chlorhydrique et contient, avec l'hydrogène non utilisé, une petite proportion d'*éthylène*.

Le liquide condensé, débarrassé du gaz chlorhydrique qu'il a dissous, fournit au fractionnement :

De 70° à 85°	2^{vol}
De 85 à 115	1
De 115 à 145	1

La première portion est constituée par de l'*acétate d'éthyle*, contenant une faible dose d'aldéhyde éthylique, facile à manifester par la coloration intense qu'elle fournit avec le réactif de Caro.

Les deux autres fractions sont un mélange d'acétate d'éthyle et de chloracétate d'éthyle non transformé; soumis à une hydrogénation sur le nickel à 300°, il engendre une nouvelle proportion d'acétate d'éthyle.

La réduction du chloracétate d'éthyle est donc réalisée régulièrement à 300°, selon la formule

$$CH^2Cl.CO.OC^2H^5 + H^2 = HCl + CH^3.CO.OC^2H^5.$$

L'aldéhyde et l'éthylène, formés en petite dose, doivent provenir d'une action exercée sur l'acétate d'éthyle lui-même.

Pour vérifier qu'il en est ainsi, nous avons tenté directement l'hydrogénation de ce dernier sur le nickel à 300°. On trouve alors que l'hydrogène qui sort du condenseur renferme quelques centièmes d'éthylène, et le liquide condensé est constitué par de l'acétate d'éthyle non modifié, contenant une faible proportion d'aldéhyde, qu'on manifeste aisément dans les têtes de distillation par la coloration du réactif de Caro.

On voit que l'acétate d'éthyle est très stable vis-à-vis de l'hydrogénation sur le nickel. Toutefois, une petite fraction est atteinte en donnant de l'alcool et de l'aldéhyde, selon la formule

$$CH^3.CO.OC^2H^5 + H^2 = CH^3.COH + C^2H^5.OH,$$

l'alcool produit étant lui-même dédoublé soit en aldéhyde, soit en éthylène :

$$CH^3.CH^2.OH = H^2 + CH^3.COH,$$
$$CH^3.CH^2.OH = H^2O + CH^2:CH^2.$$

Dichloracétate d'éthyle, $CCl^2H.CO.OC^2H^5$. — Cet éther, qui est facilement obtenu, comme le précédent, à partir de l'acide dichloracétique, bout à 156°.

Ses vapeurs, amenées sur le nickel par un excès d'hydrogène, sont à peine atteintes à 200°; l'action, plus manifeste vers 260°, est rapide au-dessus de 300° et donne lieu à un dégagement abondant de gaz chlorhydrique. Par fractionnement du liquide condensé, on isole quatre portions :

De 60° à 85°	3^vol
De 85 à 135	1
De 135 à 146	2
De 146 à 153	1,3

La première fraction est constituée par de l'*acétate d'éthyle* facile à identifier, contenant un peu d'aldéhyde éthylique.

La troisième est formée de *monochloracétate d'éthyle*, à peu près pur. Un dosage de chlore, effectué sur 1g,85 du liquide, a fourni 2g,121 de chlorure d'argent.

Le poids de chlorure d'argent calculé serait :

Pour l'éther monochloracétique	2g,108
Pour l'éther dichloracétique	2,379

La deuxième fraction est un mélange d'acétate d'éthyle et de monochloracétate d'éthyle. La quatrième contient surtout du dichloracétate d'éthyle non transformé.

On voit donc que l'hydrogénation directe sur le nickel vers 300° réalise régulièrement la réduction de l'éther dichloracétique en éther monochloracétique, réduit lui-même pour la plus grande partie en éther acétique.

Trichloracétate d'éthyle, $CCl^3.CO.OC^2H^5$. — Cet éther, qui bout à 164°, est préparé, plus aisément encore que les précédents, par éthérification

directe de l'acide trichloracétique, chauffé dans un appareil à reflux avec un poids double d'alcool et quelques centièmes d'acide sulfurique.

Ses vapeurs, entraînées sur le nickel par l'hydrogène en excès, ne subissent encore, à 250°, qu'une réduction peu avancée; mais, vers 320°, la réaction a lieu rapidement et dégage beaucoup de gaz chlorhydrique. Le liquide condensé a donné au fractionnement :

De 70° à 90°	3vol
De 90 à 145	2
De 145 à 160	1
De 160 à 165	1

La portion dominante est de l'*acétate d'éthyle*, entraînant un peu d'aldéhyde éthylique; les fractions suivantes renferment, au-dessous d'une certaine dose d'éther trichloracétique non modifié, de l'éther dichloracétique et de l'éther monochloracétique issus d'une réduction incomplète.

Bromacétate d'éthyle, $CH^2Br.CO.OC^2H^5$. — C'est un liquide, bouillant à 159°-160°, dont les vapeurs provoquent violemment le larmoiement. Amenés sur le nickel par un courant d'hydrogène, elles ne sont guère modifiées à 200°. Mais, dès 250°, la réduction est très manifeste : elle devient rapide au-dessus de 300° et donne lieu à des torrents de gaz bromhydrique. Le liquide condensé est entièrement comparable à celui qu'a donné le chloracétate d'éthyle : la majeure partie est de l'*acétate d'éthyle* contenant un peu d'aldéhyde.

Cette réduction ne paraît donc pas plus difficile que celle du dérivé chloré.

D'ailleurs, le chlorure ou le bromure de nickel étant réduits par l'hydrogène à 300°, le métal peut indéfiniment, dans toutes ces réductions, jouer e rôle de catalyseur.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de trois Membres de la Division des Sciences mathématiques et de trois Membres de la Division des Sciences physiques, qui, réunis sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la Commission chargée de

présenter une liste de candidats pour chacune des places d'Associés étrangers vacantes par le décès de MM. *Dedekind* et *Metchnikoff*.

MM. E. Picard, Deslandres, Villard; MM. Haller, A. Lacroix, Douvillé réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

M. Lallemand est adjoint à la délégation de l'Académie aux fêtes de réinstallation de l'Université de Strasbourg.

PLIS CACHETÉS.

M. André Blondel demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu en la séance du 11 mai 1914 et inscrit sous le n° 8166.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur une solution de la photométrie hétérochrome permettant une mesure physique de l'intensité lumineuse*.

Cette Note sera ultérieurement inséré dans les *Comptes rendus*.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui feront partie de la *Commission supérieure des maladies professionnelles*, instituée par la loi du 25 octobre 1919.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L. Dunoyer, *Le point estimé en navigation aérienne; l'influence du vent*.

2° E. Lambling, *Précis de Biochimie*. (Présenté par M. A. Haller.)

3° F. Courty, *Observation des orages de* 1918 *dans les départements de la Gironde et partie de la Dordogne. Expérience des paragrêles électriques.* (Présenté par M. J. Violle.)

M. E. Ariès adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1918.

M. G.-L. Lecointre adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1914.

M. Eugène Grandmougin prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places de la *division des applications de la science à l'industrie.*

M. Georges Claude fait connaître qu'il retire sa candidature à l'une des places de la *division des applications de la science à l'industrie.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions bornées et harmoniques dans un domaine infini, nulles sur sa frontière.* Note [1] de M. Georges Bouligand.

J'ai établi dans ma Thèse [2] qu'une fonction bornée et harmonique, dans un cylindre indéfini, à section droite limitée, ne peut s'annuler sur sa frontière, sans s'annuler dans tout le cylindre. Je vais montrer qu'on peut étendre ce résultat à des domaines infinis beaucoup plus généraux.

Soit D un domaine infini d'un seul tenant, dont les diverses parties n'empiètent pas les unes sur les autres, et dont la frontière sera désignée par φ. Appelons $V(x, y, z)$ une fonction harmonique et bornée dans D, nulle en tout point de φ. Il importe de remarquer qu'on ne peut, sans faire sur D quelques hypothèses restrictives, affirmer que V s'annule en tout point de D. Les deux exemples que voici témoignent de cette impossibilité :

---

(1) Séance du 22 septembre 1919.

(2) *Sur les fonctions de Green et de Neumann du cylindre* (*Bull. Soc. math.*, 1914).

1° Supposons d'abord que D soit constitué par l'ensemble des points extérieurs à une surface fermée, tout entière à distance finie; soient U le potentiel d'une couche en équilibre électrique sur cette surface, U_0 la valeur constante qu'elle y prend. La fonction $U - U_0$ mettrait en défaut l'énoncé que nous avons en vue.

2° Soit encore la fonction

$$W = \int_0^\infty \frac{\rho_M}{MA} d\xi,$$

où M désigne le point de la demi-droite Ox d'abscisse ξ et ρ_M une fonction positive de ce point, telle que (cela nous suffira) l'intégrale

$$\int_0^\infty \rho_M d\xi$$

ait un sens. Une surface $W = W_0$ forme, autour de Ox, une sorte de poche s'étendant à l'infini. Pour le domaine D extérieur à cette poche, la fonction $W - W_0$ invaliderait aussi notre énoncé.

Pour assurer l'exactitude du résultat désiré, il faut donc restreindre la généralité. D'un point $A(a, b, c)$ intérieur au domaine D, pris comme centre, décrivons une sphère dont nous ferons croître indéfiniment le rayon. Le domaine D découpe sur cette sphère un certain nombre d'aires, qui n'empiètent pas les unes sur les autres; nous ferons l'hypothèse suivante :

Le rapport de la somme de ces aires à l'aire totale de la sphère reste, quel que soit A, *moindre qu'un nombre constant* k, *inférieur à l'unité.* Cela posé, soit $V(x, y, z)$ une fonction harmonique et bornée dans un tel domaine. Je dis que si elle est nulle sur φ, elle l'est en tout point de ce domaine.

Pour le voir, appelons $\mathfrak{M}$ la borne supérieure de $|V|$ dans D. Je dis que si $\mathfrak{M}$ n'était pas nulle, la quantité $|V|$ serait, en tout point A de D, moindre que $\mathfrak{M}K$, ce qui est contraire à la définition de la borne supérieure. En effet, considérons le domaine Δ, formé par les points de D intérieurs à une sphère Σ de centre A, et de rayon supérieur à la valeur R_0 qu'on a fait correspondre à ce point dans l'énoncé. Soit $G_\Delta(A, M)$ la fonction de Green de ce domaine : la présence de lignes singulières pour la surface qui le limite ne s'oppose pas à l'existence de cette fonction, comme nous le verrons plus loin. Appelons $G_\Sigma(A, M)$ la valeur de la fonction de Green de la sphère Σ pour le même couple de points A et M. On sait que

la valeur de la fonction de Green pour un couple de points déterminé s'accroît lorsqu'on dilate de toutes parts le domaine. Nous avons donc

$$G_\Delta(A, M) < G_\Sigma(A, M),$$

et, comme, en un point P, situé sur la surface de Σ et intérieur à D, la quantité $PM\frac{dG_P^A}{dn_P}$ (M étant un point infiniment voisin de P, sur la normale en P à Σ) est un infiniment petit équivalent à G(A, M), l'inégalité précédente entraîne

$$\left(\frac{dG}{dn_P}\right)_\Delta < \left(\frac{dG}{dn_P}\right)_\Sigma.$$

Il en résulte aisément que $|V_A|$ est inférieure au produit de M par le rapport de la somme des aires découpées par D sur la surface de Σ, à l'aire totale de cette sphère (C. Q. F. D.).

Il nous reste à montrer qu'il n'y a pas de difficulté à raisonner, pour un domaine tel que Δ, sur sa fonction de Green et sur sa dérivée normale. Remarquons à cet effet que Δ peut être regardé comme la limite d'une suite de domaines $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_n, \ldots$, limités par des surfaces sans lignes anguleuses, et tels que chacun d'eux renferme tous les points de ceux qui le précèdent. Dans ces conditions, ces domaines admettent des fonctions de Green

$$G_{\Delta_1}(A, M), \quad G_{\Delta_2}(A, M), \quad \ldots, \quad G_{\Delta_n}(A, M), \quad \ldots,$$

formant une suite croissante dont chaque terme est moindre que $\frac{1}{AM}$. Cette suite admet donc une limite, qui considérée comme une fonction de M dans Δ possède les propriétés suivantes : elle est harmonique dans ce domaine, s'annule sur sa frontière et devient infinie en A comme $\frac{1}{AM}$. Nous en concluons que le domaine Δ admet une fonction de Green qui n'est autre que cette limite. D'ailleurs, dans le cas actuel, on pourra supposer que Δ et Δ_n ont même frontière, sauf dans le voisinage des lignes anguleuses de Δ. Cela étant, prenons un point P de la frontière de Δ, non situé sur une de ces lignes. L'étude de la suite croissante

$$\left(\frac{dG}{dn_P}\right)_{\Delta_1}, \quad \left(\frac{dG}{dn_P}\right)_{\Delta_2}, \quad \ldots, \quad \left(\frac{dG}{dn_P}\right)_{\Delta_n}, \quad \ldots$$

établit l'existence d'une limite, qui n'est autre que la dérivée normale de G_Δ. On démontre en outre que si $V(x, y, z)$ est une fonction harmonique dans

Δ, on a, comme dans les cas réguliers,

$$V_A = \frac{1}{4\pi}\int\int V_P \frac{dG_\Delta}{dn}(A, P)\, dS_P.$$

Remarquons en passant la grande généralité des considérations ci-dessus : elles établissent l'existence de la fonction de Green pour tous les domaines Δ susceptibles d'être obtenus par un passage à la limite s'opérant dans les conditions précitées ; à cette catégorie appartiennent en particulier des domaines pour lesquels le problème de Dirichlet n'a pas une solution pour toute distribution continue. Il va sans dire que cela n'a rien de contradictoire, l'existence de la fonction de Green n'assurant nullement l'existence de la solution du problème de Dirichlet en toute généralité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classification des ensembles de mesure nulle.* Note de M. S. **Stoïlow**.

1. Les ensembles de points, dont la mesure est nulle (au sens que donnent à cette expression MM. Borel et Lebesgue), se rencontrent souvent dans la théorie des fonctions discontinues, et M. Borel a montré dans des travaux qu'il a publiés ces dernières années [1] le rôle important que ces ensembles sont appelés à jouer dans la théorie des fonctions monogènes. Le but de cette Note est de faire voir comment on peut construire très facilement de pareils ensembles et comment, du mode de construction qui sera indiqué, on peut déduire une classification des ensembles de mesure nulle généraux.

2. Sur l'axe indéfini de la variable u, considérons le segment compris entre 0 et 1, segment que nous désignerons par (u). Considérons encore dans le plan des variables x et y le carré construit sur les axes rectangulaires des variables et ayant un sommet en $x = y = 1$. Nous désignerons ce carré par (xy).

Soient maintenant

$$x = 0, \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \ldots,$$
$$y = 0, \beta_1 \beta_2 \beta_3 \ldots$$

les deux coordonnées d'un point de (xy) exprimées dans la numération à base N.

---

(1) *Sur les ensembles de mesure nulle* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 1913), et *Leçons sur les fonctions monogènes*.

A chaque point de (xy) ainsi défini, on peut faire correspondre sur (u) un point défini par l'abscisse

$$u = 0, \alpha_1 \beta_1 \alpha_2 \beta_2 \alpha_3 \ldots .$$

Si l'on remarque que tout nombre rationnel de la forme KN^{-n}, où K et n sont deux entiers positifs quelconques, peut être mis de deux manières différentes sous la forme ci-dessus, on voit immédiatement que les points de (xy) se répartissent en deux catégories : 1° ceux auxquels correspond un seul point sur (u); 2° ceux auxquels correspondent deux ou quatre points sur (u). Il en sera de même des points de (u), mais sur ce segment le nombre des points de la deuxième catégorie sera une infinité *dénombrable*. Quand, dans la suite, nous parlerons de points qui correspondent sur (u) à certains points de (xy), ou inversement, nous entendrons toujours par là parler de *tous* les points que l'on obtient par la correspondance définie plus haut.

Ceci étant, nous appellerons *sous-segments normaux* de (u) les sous-segments dont les extrémités ont pour abscisses KN^{-n} et $(K+1)N^{-n}$, K et n étant toujours deux entiers positifs quelconques. De même on appellera *éléments normaux* de (xy) les carrés qui auront pour côtés des sous-segments normaux. A un élément normal de (xy) correspond donc, si l'on fait abstraction de ses points-frontière, un sous-segment normal de (u). Quant aux points-frontière, ils sont tous tels que l'un des points qui leur correspond est dans le même sous-segment normal, mais que les autres points correspondants sont dans huit autres sous-segments normaux. Aussi quand nous parlerons d'un carré-élément normal, n'entendrons-nous par là que les points qui y sont intérieurs au sens étroit. De plus, la longueur du sous-segment correspondant est N^{-2n} si N^{-n} est la longueur du côté du carré-élément normal.

Si donc on trace dans (xy) une courbe rectifiable qui ne soit rencontrée qu'en un nombre dénombrable de points par une parallèle à l'un des axes, il est évident que l'ensemble de points qui lui correspond sur (u) sera de mesure nulle.

On pourra, en effet, ne considérer que les points de la courbe qui appartiennent à la première catégorie [les autres formant ainsi que l'ensemble qui leur correspond sur (u) un ensemble dénombrable] et mesurer l'ensemble qu'ils forment par des carrés-éléments normaux, dont la somme doit tendre vers zéro; il en est donc de même de la somme des sous-segments normaux correspondants.

Si au lieu de la courbe rectifiable on considérait l'ensemble des portions

de droites que (xy) découpe sur

$$x + y = r,$$

où r prend toutes les valeurs rationnelles entre 0 et 2, on obtiendrait ainsi un ensemble de points de (u) partout dense et de mesure nulle.

Plus généralement, si l'on considère dans (xy) un ensemble quelconque E_1 de mesure superficielle nulle, l'ensemble E qui lui correspond dans (u) sera encore de mesure linéaire nulle. Il est facile de le démontrer en se rappelant qu'il est indifférent de prendre le mot *intérieur* au sens étroit ou au sens large dans la définition de la mesure d'un ensemble. Comme d'autre part *tous* les points de (u) qui correspondent à un carré-élément normal (les points-frontière compris) se trouvent sur (u) dans *neuf* sous-segments normaux, dont aucun n'est plus grand que le sous-segment normal correspondant à l'intérieur du carré normal, il est évident que la somme de *tous* ces segments tend vers zéro.

Considérons maintenant *a priori* un ensemble E sur (u) de mesure nulle. Si l'ensemble E_1 qui lui correspond dans (xy) est tel que les deux ensembles que l'on obtient par projection sur les deux axes ne sont pas tous deux de mesure *linéaire* nulle, on dira que E est d'ordre *un*. Dans le cas contraire, il pourra se faire que l'ensemble E_2, que l'on obtient d'une manière analogue dans un cube (xyz) de l'espace à trois dimensions, possède cette propriété. On dira alors que E est d'ordre *deux*, et ainsi de suite.

Il est clair que, d'après cette définition, les ensembles dénombrables sont tous d'ordre infini.

Le nombre entier qui désigne l'ordre d'un ensemble donné varie avec N. Il est donc indispensable de choisir avant tout ce dernier; la notion d'ordre ainsi définie n'a pas une signification absolue et sert seulement à comparer entre eux les différents ensembles de mesure nulle.

Toutefois, les ensembles d'ordre infini restent du même ordre, quel que soit N. Ils semblent être tous dénombrables.

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que toutes ces considérations s'appliquent sans modifications essentielles aux ensembles de points d'un espace à un nombre quelconque de dimensions, et dont la mesure est nulle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des développements ultrasphériques.* Note de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

Envisageons la série ultrasphérique donnée par ses coefficients a_n

(1) $$a_0 + a_1 P_1^{(\lambda)}(x) + a_2 P_2^{(\lambda)}(x) + \ldots + a_n P_n^{(\lambda)}(x) + \ldots$$

et la série auxiliaire

(2) $$\left\{ \begin{array}{l} F(x) = F(\cos\theta) = a_0 \displaystyle\int_0^x \int_0^t \left(\frac{1-u^2}{1-t^2}\right)^\lambda \frac{du\,dt}{\sqrt{(1-u^2)(1-t^2)}} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n P_n^{(\lambda)}(x)}{n(n+2\lambda)} \\ \qquad\qquad (x = \cos\theta). \end{array} \right.$$

On démontre d'abord les lemmes suivants :

Soit la fonction $\Phi(\theta)$, *continue dans* (α, β), $-\pi > \beta > \alpha > 0$; *si l'on a dans cet intervalle* (α, β)

$$\lim_{\delta=0} Z_\delta^{(\lambda)}[\Phi(\theta)] = \lim_{\delta=0} \left[\frac{\Phi(\theta+\delta) - 2\Phi(\theta) + \Phi(\theta-\delta)}{\delta^2} + 2\lambda \cot\theta \frac{\Phi(\theta+\delta) - \Phi(\theta-\delta)}{2\delta} \right] = 0,$$

alors $\Phi(\theta)$ *est de la forme*

$$\Phi(\theta) = A \int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta} (\sin\varphi)^{-2\lambda}\, d\varphi + B \qquad (\alpha \leqq \theta \leqq \beta)$$

où A *et* B *sont constantes.*

Si la série (1) *converge en un point* $x_0 = \cos\theta_0$ $(0 < \theta_0 < \pi)$, *ce qui entraîne* $a_n = o(n^{1-\lambda})$, *et a pour somme* $f(\cos\theta_0)$, *alors*

$$\lim_{\delta=0} Z_\delta^{(\lambda)}[F(\cos\theta_0)] = f(\cos\theta_0).$$

On établit aussi que la convergence de (1) pour $\theta = \theta_0$ entraîne

$$\lim_{\delta=0} \frac{1}{\delta} \Delta_\delta^2 F(\cos\theta_0) = 0.$$

La démonstration est basée sur la formule approximative

$$P_n^{(\lambda)}(\cos\theta) = \frac{2\Gamma(n+\lambda)}{\Gamma(\lambda)\Gamma(n+1)} \left\{ \frac{\cos\left[(n+\lambda)\theta - \frac{\lambda\pi}{2}\right]}{(2\sin\theta)^\lambda} + \frac{\lambda(\lambda-1)}{n+\lambda-1} \times \frac{\sin\left[(n+\lambda-1)\theta - \frac{\lambda\pi}{2}\right]}{(2\sin\theta)^{\lambda+1}} + \frac{\omega_n(\theta)}{(n+\lambda)^2(2\sin\theta)^{\lambda+2}} \right\}$$

où $|\omega_n(\theta)| < k = k(\lambda)$ pour $0 \leqq \theta \leqq \pi$ et $n = 0, 1, 2, \ldots, \infty$.

On déduit maintenant que l'hypothèse de convergence de la série (1) avec la somme $f(x)$ partout dans l'intervalle $(-1, +1)$, à l'exception possible des points frontières $x = \pm 1$ et d'un ensemble réductible de points intérieurs, a pour conséquence l'expression suivante de la fonction $F(x)$ définie par (2) :

$$(3) \qquad F(x) = \int_0^x \int_0^t \frac{f(u)\,du\,dt}{(1-u^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}(1-t^2)^{\frac{1}{2}+\lambda}} + A\int_0^x \frac{dt}{(1-t^2)^{\frac{1}{2}+\lambda}} + B,$$

où A et B sont constantes dans $(-1, +1)$.

La série $(\sqrt{1-x^2})^\lambda F(x)$ converge uniformément dans $(-1, +1)$ et à l'aide de (3) on en déduit, vu que $a_n = o(n^{1-\lambda})$, les théorèmes :

I. *Si la série* (1) *converge partout dans* $(-1, +1)$ *avec la somme zéro, à l'exception possible des points frontières* $x = \pm 1$ *et d'un ensemble réductible de points intérieurs, alors tous ses coefficients sont identiquement nuls.*

II. *Si la série* (1) *converge partout dans* $(-1, +1)$ *avec la somme* $f(x)$, *à l'exception possible des points frontières* $x = \pm 1$ *et d'un ensemble réductible de points intérieurs, elle est la série ultrasphérique de Fourier de sa somme* $f(x)$, *pourvu que le produit* $(1-x^2)^{\lambda-\frac{1}{2}}|f(x)|$ *soit intégrable dans* $(-1, +1)$ *et* $f(x)$ *soit bornée à l'intérieur de l'intervalle* $(-1, +1)$.

Ces deux théorèmes établissent l'unicité des développements ultrasphériques convergents. Pour les séries de Legendre $\left(\lambda = \frac{1}{2}\right)$ le théorème I était démontré par U. Dini [1] et le théorème II récemment par M. Plancherel [2]. Mais M. Plancherel n'a démontré la validité du théorème II pour $\lambda = \frac{1}{2}$ que sous la restriction inutile que la fonction $f(x)$ doit être bornée dans *tout* intervalle $(-1, +1)$. Nous voyons que les cas dans lesquels $f(x)$ devient infinie pour $|x| = 1$ sont aussi admissibles, pourvu que $f(x)$ reste absolument intégrable dans $(-1, +1)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul aux différences finies.*
Note de **M. N.-E. Nörlund**, présentée par M. Appell.

Le problème le plus important dans le calcul aux différences finies consiste à trouver une définition convenable de l'opération inverse à

(1) *Annali di Math.*, 2e série, t. 6, 1873-1875, p. 216-225.
(2) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 897-900.

l'opération Δ_ω

$$\Delta_\omega F(x) = \frac{F(x+\omega) - F(x)}{\omega},$$

c'est-à-dire de résoudre l'équation

$$(1) \qquad \Delta_\omega F(x) = \varphi(x),$$

$\varphi(x)$ étant une fonction donnée. M. Guichard (¹) et M. Appell (²) ont publié des travaux très intéressants sur cette équation. Je voudrais appeler l'attention sur une méthode toute différente pour résoudre l'équation (1), méthode qui présente certains avantages. D'abord, le problème posé n'est pas déterminé. Quelle que soit la fonction donnée $\varphi(x)$, on arrive très aisément à trouver une solution de l'équation (1), et l'on obtient la solution générale en y ajoutant une fonction périodique, avec la période ω. Mais ce n'est pas toute solution qui convient. Il y a une certaine famille de solutions distinguées qui diffèrent l'une de l'autre par une constante. Pour que la définition, qu'on adopte, de l'opération inverse Δ^{-1} puisse être utile, il faut qu'elle conduise à une de ces solutions distinguées que j'appelle, pour abréger, les *solutions principales*. Ces fonctions posséderont des propriétés remarquables qui n'appartiennent plus aux autres solutions.

Si $\varphi(x)$ est un polynome du degré ν, les solutions principales sont de la forme

$$F(x) = \int_a^x \varphi(x)\,dx + \sum_{s=1}^{\nu+1} \frac{B_s \omega^s}{s!} \varphi^{(s-1)}(x),$$

a étant une constante, les B_s étant les nombres de Bernoulli. Toute autre solution est une transcendante.

Considérons la série

$$-\omega \sum_{s=0} \varphi(x+s\omega).$$

Si elle converge, elle représente une solution qui convient. Cela est vrai encore si l'on y ajoute une constante, de sorte que l'expression

$$(2) \qquad \int_a^\infty \varphi(z)\,dz - \omega \sum_{s=0}^{\infty} \varphi(x+s\omega)$$

(¹) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, t. 4, 1887, p. 361-380.

(²) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4ᵉ série, t. 7, 1891, p. 157-219.

est une solution, si l'intégrale converge, *a* étant une constante. Malheureusement, dans les cas qui doivent nous intéresser tout d'abord, la série n'est ni convergente, ni sommable par aucune des méthodes de sommation qu'on a appliquées pour attribuer une valeur à une série divergente. Mais le fait remarquable se présente qu'en appliquant une même méthode de sommation à la série et à l'intégrale qui entrent dans l'expression (2), on est amené à une expression arithmétique qui, dans des cas étendus, tend vers une limite. La solution principale sera, par définition, égale à cette limite. On peut toujours effectuer la sommation d'une infinité de manières; mais en s'imposant certaines restrictions, on démontre que le résultat final ne dépend pas de la manière particulière dont on effectue la sommation, de sorte que la définition est unique. Si l'on veut tirer tout le parti possible de cette idée, on est amené à de longues explications qui ne peuvent pas trouver place ici. Je veux parler seulement d'un cas particulier, qui est suffisamment général, pour faire comprendre le mécanisme de la méthode, et qui d'ailleurs joue un rôle capital dans les applications qu'on peut faire de ces considérations.

Soit, pour abréger, ω un nombre positif. Supposons que la fonction $\varphi(z)$ admette une dérivée continue d'un certain ordre, soit d'ordre m [1], telle que la série $\sum_{s=0}^{\infty} \varphi^{(m)}(z+s\omega)$ converge uniformément dans l'intervalle

$$x \leqq z \leqq x+\omega.$$

Je remplace, dans l'expression (2), $\varphi(z)$ par $\varphi(z)e^{-\eta z}$ et je fais ensuite tendre le nombre positif η vers zéro. Je définis donc la solution principale comme il suit :

$$\text{(3)} \qquad F(x\,|\,\omega) = \lim_{\eta=0} \left\{ \int_a^{\infty} \varphi(z)e^{-\eta z}\,dz - \omega\sum_{s=0}^{\infty} \varphi(x+s\omega)\,e^{-\eta(x+s\omega)} \right\}.$$

Cette expression tend uniformément vers une limite. Elle définit une fonction continue de x et de ω qui satisfait à l'équation (1), car on a

$$F(x+\omega\,|\,\omega) - F(x\,|\,\omega) = \omega \lim_{\eta=0} \varphi(x)\,e^{-\eta x} = \omega\,\varphi(x).$$

Soit n un entier positif. De l'expression (3) il résulte immédiatement que notre solution satisfait à la relation

$$\text{(4)} \qquad \sum_{s=0}^{n-1} F\left(x+\frac{s\omega}{n}\,\middle|\,\omega\right) = n\,F\left(x\,\middle|\,\frac{\omega}{n}\right).$$

[1] Il va sans dire que l'ordre m peut, en particulier, être égal à zéro.

Soit maintenant n un entier positif, pair. On voit de même que

$$\sum_{s=0}^{n-1} (-1)^s F\left(x + \frac{s\omega}{n} \,\middle|\, \omega\right) = -\frac{\omega}{2} G\left(x \,\middle|\, \frac{\omega}{n}\right),$$

$G(x \mid \omega)$ étant la solution principale de l'équation

$$G(x+\omega) + G(x) = 2\varphi(x)$$

dont j'ai parlé dans une Note précédente [1]. Considérée comme fonction de ω la fonction $F(x \mid \omega)$ admet, en général, le point $\omega = 0$ comme point singulier. Mais, quand ω tend vers zéro *par des valeurs positives*, la fonction tend toujours vers une limite et l'on trouve

$$\lim_{\omega=0} F(x \mid \omega) = \int_a^x \varphi(z)\, dz.$$

Divisons les deux membres de l'équation (4) par n et faisons ensuite tendre n vers l'infini. Il vient

$$\frac{1}{\omega} \int_x^{x+\omega} F(z \mid \omega)\, dz = \int_a^x \varphi(z)\, dz.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales.* (Extrait d'une lettre adressée à M. Hadamard.) Note de M. T. **Carleman**, présentée par M. Jacques Hadamard.

... Le théorème fondamental de M. Fredholm sur les équations intégrales s'obtient presque directement au moyen d'un des théorèmes contenus dans votre Mémoire classique *Sur la fonction de Riemann* [2].

Considérons une équation intégrale linéaire à noyau continu :

$$u(x) - \lambda \int_0^1 k(x, y)\, u(y)\, dy = f(x).$$

Sans restreindre la généralité, on peut supposer

(1) $$|k(x, y)| < 1; \qquad |f(x)| < 1.$$

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 462.
(2) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. 9, 1893.

On voit facilement que $u(x)$, au voisinage de $\lambda = 0$, peut être exprimé par la série de puissances

$$u(x) = \sum_{n=0}^{\infty} f_n(x) \lambda^n,$$

où

$$(2) \qquad f_0(x) = f(x), \qquad f_n(x) = \int_0^1 k(x, y) f_{n-1}(y)\, dy \quad (n = 1, 2, \ldots).$$

Vous avez démontré ([1]) le théorème que la série $\sum_{n=0} C_n x^n$ définit une fonction méromorphe dans tout le plan des x, pourvu que

$$(3) \qquad \lim_{p=\infty} \sqrt[p]{\limsup_{n=\infty} \mathfrak{D}_n^{(p)}} = 0,$$

où

$$\mathfrak{D}_n^{(p)} = \begin{vmatrix} C_{n+1} & C_{n+2} & \ldots & C_{n+p} \\ C_{n+2} & C_{n+3} & \ldots & C_{n+p+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ C_{n+p} & C_{n+p+1} & \ldots & C_{n+2p-1} \end{vmatrix}.$$

C'est au moyen de ce théorème qu'on peut établir que $u(x)$ est une fonction méromorphe en λ dans tout le plan des λ.

A cet effet, on a besoin de la relation suivante :

$$(4) \qquad \begin{vmatrix} \int \varphi_1(s)\psi_1(s)\,ds & \int \varphi_1(s)\psi_2(s)\,ds & \ldots & \int \varphi_1(s)\psi_p(s)\,ds \\ \int \varphi_2(s)\psi_1(s)\,ds & \int \varphi_2(s)\psi_2(s)\,ds & \ldots & \int \varphi_2(s)\psi_p(s)\,ds \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \int \varphi_p(s)\psi_1(s)\,ds & \int \varphi_p(s)\psi_2(s)\,ds & \ldots & \int \varphi_p(s)\psi_p(s)\,ds \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{\underline{|p}} \int\int\cdots\int \begin{vmatrix} \varphi_1(s_1) & \varphi_1(s_2) & \ldots & \varphi_1(s_p) \\ \varphi_2(s_1) & \varphi_2(s_2) & \ldots & \varphi_2(s_p) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \varphi_p(s_1) & \varphi_p(s_2) & \ldots & \varphi_p(s_p) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \psi_1(s_1) & \psi_1(s_2) & \ldots & \psi_1(s_p) \\ \psi_2(s_1) & \psi_2(s_2) & \ldots & \psi_2(s_p) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \psi_p(s_1) & \psi_p(s_2) & \ldots & \psi_p(s_p) \end{vmatrix} ds_1\, ds_2 \ldots ds_p,$$

qui se démontre aisément par la règle de multiplication des déterminants.

En remarquant que

$$f_{n+m}(x) = \int_0^1 k^{(m)}(x, y) f_n(y)\, dy;$$

([1]) *Loc. cit.*

$k^{(2)}(x, y)$, $k^{(3)}(x, y)$, ... désignant les noyaux itérés de $k(x, y)$, on obtient, en posant $C_n = f_n(x)$,

$$\mathfrak{D}_n^{(p)} = \begin{vmatrix} \int k(x,s) f_n(s)\,ds & \int k^{(2)}(x,s) f_n(s)\,ds & \dots & \int k^{(p)}(x,s) f_n(s)\,ds \\ \int k(x,s) f_{n+1}(s)\,ds & \int k^{(2)}(x,s) f_{n+1}(s)\,ds & \dots & \int k^{(p)}(x,s) f_{n+1}(s)\,ds \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \int k(x,s) f_{n+p-1}(s)\,ds & \int k^{(2)}(x,s) f_{n+p-1}(s)\,ds & \dots & \int k^{(p)}(x,s) f_{n+p-1}(s)\,ds \end{vmatrix}.$$

Au moyen de la formule (4), on en déduit

$$(5) \qquad \mathfrak{D}_n^{(p)} = \frac{1}{\lfloor p} \int\int\cdots\int \begin{vmatrix} k\ (x, s_1) & k\ (x, s_2) & \dots & k\ (x, s_p) \\ k^{(2)}(x, s_1) & k^{(2)}(x, s_2) & \dots & k^{(2)}(x, s_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k^{(p)}(x, s_1) & k^{(p)}(x, s_2) & \dots & k^{(p)}(x, s_p) \end{vmatrix}$$
$$\times \begin{vmatrix} f_n(s_1) & f_n(s_2) & \dots & f_n(s_p) \\ f_{n+1}(s_1) & f_{n+1}(s_2) & \dots & f_{n+1}(s_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{n+p-1}(s_1) & f_{n+p-1}(s_2) & \dots & f_{n+p-1}(s_p) \end{vmatrix} ds_1\, ds_2 \dots ds_p.$$

Désignant le second des déterminants dans cette formule par

$$\Delta_n^{(p)}(s_1, s_2, \dots, s_p)$$

et posant

$$\Delta_n^{(p)}(s_1, s_2, \dots, s_p)$$
$$= \begin{vmatrix} \int k(s_1, t) f_{n-1}(t)\,dt & \int k(s_2, t) f_{n-1}(t)\,dt & \dots & \int k(s_p, t) f_{n-1}(t)\,dt \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \int k(s_1, t) f_{n+p-2}(t)\,dt & \int k(s_2, t) f_{n+p-2}(t)\,dt & \dots & \int k(s_p, t) f_{n+p-2}(t)\,dt \end{vmatrix},$$

on trouve, par la formule (4),

$$(6) \quad \Delta_n^{(p)}(s_1, s_2, \dots, s_p)$$
$$= \frac{1}{\lfloor p} \int\int\cdots\int \begin{vmatrix} k(s_1, t_1) & k(s_1, t_2) & \dots & k(s_1, t_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k(s_p, t_1) & k(s_p, t_2) & \dots & k(s_p, t_p) \end{vmatrix} \Delta_{n-1}^{(p)}(t_1, t_2, \dots, t_p)\, dt_1 \dots dt_p$$
$$= \frac{1}{\lfloor p} \int\int\cdots\int k\begin{pmatrix} s_1 & s_2 & \dots & s_p \\ t_1 & t_2 & \dots & t_p \end{pmatrix} \Delta_{n-1}^{(p)}(t_1, t_2, \dots, t_p)\, dt_1\, dt_2 \dots dt_p.$$

Comme, en vertu de (1) on a $|f_n(x)| < 1$, on obtient, en appliquant une

de vos inégalités,

$$|\Delta_0^{(p)}(t_1, t_2, \ldots, t_p)| < p^{\frac{p}{2}},$$

$$\left| k\begin{pmatrix} s_1 & s_2 & \ldots & s_p \\ t_1 & t_2 & \ldots & t_p \end{pmatrix}\right| < p^{\frac{p}{2}}.$$

En opérant de proche en proche on obtient, par l'intermédiaire de (6),

$$|\Delta_1^{(p)}(t_1, t_2, \ldots, t_p)| < \frac{p^{\frac{p}{2}}}{\underline{|p}}\, p^{\frac{p}{2}}, \qquad \ldots, \qquad |\Delta_n^{(p)}(t_1, t_2, \ldots, t_p)| < \left(\frac{p^{\frac{p}{2}}}{\underline{|p}}\right)^n p^{\frac{p}{2}}.$$

En s'appuyant encore sur l'équation (6), on trouve finalement

$$|\mathcal{D}_n^{(p)}| < \left(\frac{p^{\frac{p}{2}}}{\underline{|p}}\right)^n \frac{p^p}{\underline{|p}}.$$

Par conséquent

$$\limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{|\mathcal{D}_n^{(p)}|} \leqq \frac{p^{\frac{p}{2}}}{\underline{|p}}.$$

En vertu de la relation

$$\lim_{p=\infty} \sqrt[p]{\frac{p^{\frac{p}{2}}}{\underline{|p}}} = 0,$$

on trouve enfin

$$\lim_{p=\infty} \sqrt[p]{\limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{|\mathcal{D}_n^{(p)}|}} = 0.$$

Le théorème est alors démontré.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Nouvelle méthode d'essai de fragilité des tubes métalliques.* Note de M. **Charles Frémont**, présentée par M. Léon Lecornu.

Certains tubes métalliques subissent en service des chocs et des vibrations, il est donc nécessaire de les essayer préalablement pour se renseigner sur leur degré de fragilité possible.

J'effectue cet essai par la flexion dynamique de la paroi d'une virole détachée du tube et entaillée perpendiculairement à la fibre fléchie.

L'essai de flexion doit être effectué, suivant l'usage auquel est destiné le tube, soit *en long* et l'entaille est alors perpendiculaire aux génératrices du tube, soit *en travers* et l'entaille est alors parallèle aux génératrices. Cette

entaille doit être d'autant plus étroite que le tube doit présenter en service une plus grande résistance vive.

Pour l'essai en long, la virole d'essai doit avoir une longueur égale à environ deux fois et demie son diamètre extérieur; elle est entaillée d'un trait de scie, par exemple, sur une profondeur déterminée (*fig*. 1). La virole

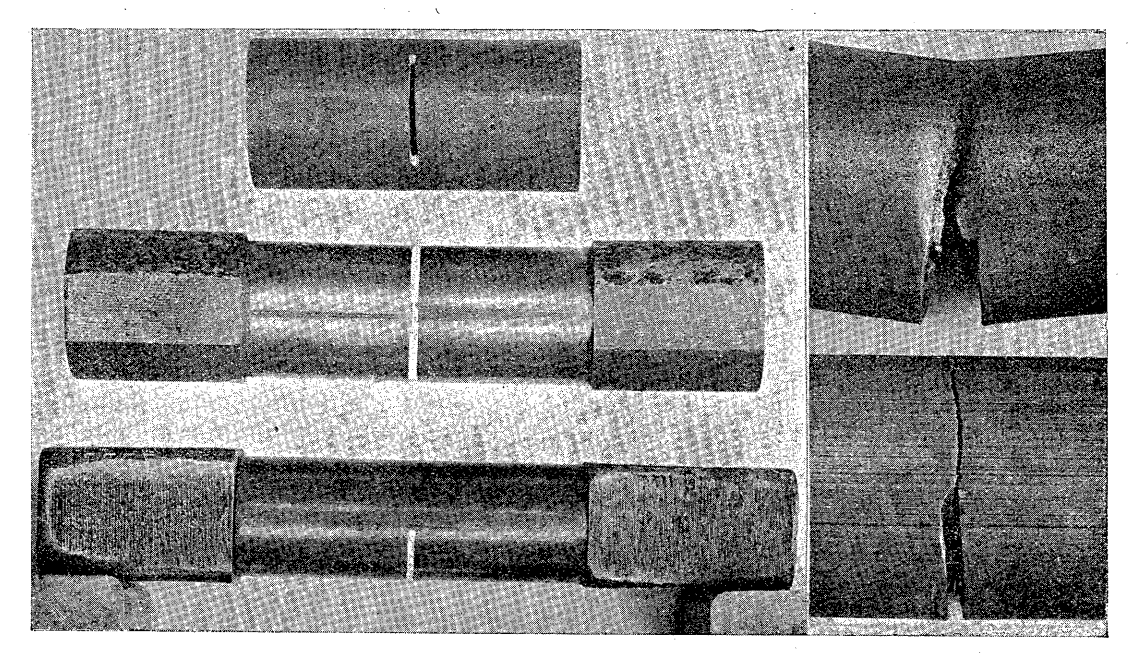


Fig. 1 à 5. — Essai de flexion au choc d'une virole entaillée.
Fig. 1, Virole entaillée d'un trait de scie;
Fig. 2, Mandrins destinés à maintenir la rigidité de la virole;
Fig. 3, Virole entaillée, montée sur ses deux mandrins, disposée pour le choc;
Fig. 4, Rupture d'un tube en acier non fragile;
Fig. 5, Rupture d'un tube en acier fragile.

est montée sur deux mandrins de la forme et de la dimension intérieures du tube et terminés chacun par une face plane d'appui (*fig*. 2 et 3) afin de maintenir la rigidité de la virole et de localiser la déformation pendant la flexion.

L'essai de flexion est effectué au choc d'un mouton ou d'un marteau à ressort, d'une vitesse d'impact de 8^{m} à 10^{m} à la seconde.

La figure 4 montre un tube ainsi essayé et rompu avec striction.

La figure 5 montre un tube rompu sans déformation locale, sans résistance vive suffisante, par conséquent en acier fragile.

J'effectue l'essai en travers par évasement, jusqu'à rupture, sous le choc d'un mouton.

L'évasement de la virole est d'abord amorcé sur une hauteur de 3^{mm} ou 4^{mm} par pression statique ou dynamique exercée sur un cône d'un angle déterminé (*fig.* 6). Puis deux entailles diamétralement opposées et d'une profondeur égale à cet évasement préalable sont faites à la scie (*fig.* 7).

Enfin la rupture s'effectue par choc, avec une vitesse d'impact de 8^{mm} à 10^{mm} à la seconde, sur le cône replacé comme précédemment.

Dans le cas le plus général, cette rupture a lieu par l'un des deux traits

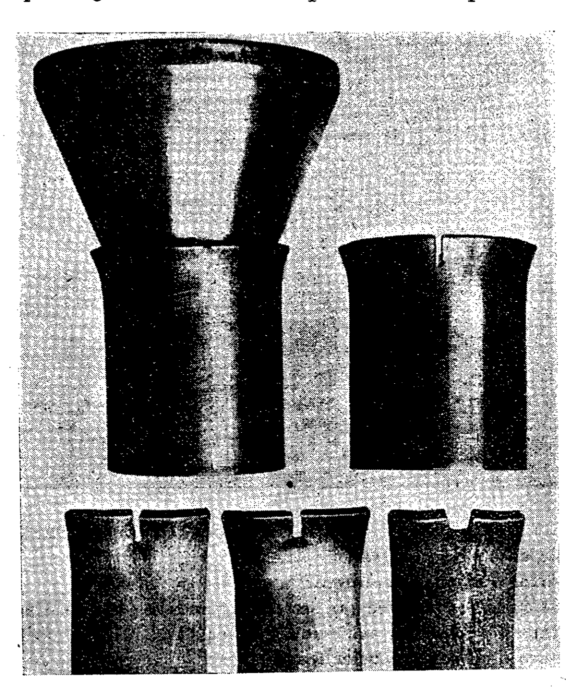


Fig. 6 à 10. — Essai de fragilité d'une virole soumise à l'évasement au choc.
Fig. 6, Évasement préalable;
Fig. 7, Entailles diamétralement opposées;
Fig. 8 à 10, Entailles déformées par l'évasement au choc.

de scie, l'autre trait s'élargit (*fig.* 8 à 10) et donne, par comparaison avec sa largeur initiale, la mesure de la ductilité locale sur éprouvette entaillée essayée au choc.

Cette mesure est suffisante pour la réception courante et pour l'étude des tubes ayant jusqu'à 50^{mm} ou 60^{mm} de diamètre.

On peut aussi, comme on le fait pour les essais au choc d'éprouvettes prismatiques entaillées, mesurer le travail dépensé pour effectuer cette rupture.

Pour l'étude des tubes de 40^{mm} de diamètre et au-dessus, la méthode d'essai sur petites éprouvettes, décrite dans ma Note du 4 août dernier, est applicable.

MÉCANIQUE. — *Poussées et puissances de pales tournantes inégalement tordues.* Note de M. **Amans**, présentée par M. A. Rateau.

Les pales expérimentées ont même diamètre (418^{mm}), et même périmètre [1], ou plus exactement mêmes cordes de profil, à des distances égales de l'axe; elles sont amovibles et orientables sur le moyeu de manière à faire diverses incidences sur le plan de l'équateur. L'incidence est celle d'une corde distale, au $\frac{4}{5}$ du rayon, et la torsion est la différence de cet angle avec l'incidence d'une corde proximale, au $\frac{1}{5}$ du rayon. Je dis que cette torsion est positive, nulle ou négative, si cette différence est positive, nulle ou négative.

Je désigne par Θ_{+8}, Θ_0, Θ_{-10}, Θ_{-37} des pales où la torsion est de $+8^\circ$, 0°, -10° et -37°. A titre de comparaison, j'ai aussi étudié une pale plane sur ses deux faces, de mêmes périmètre et diamètre, mais de même épaisseur sur toute la longueur du profil; elle n'a donc aucun des caractères de géométrie animale, qui caractérisent les autres (courbures frontales, de profil, et sections de profil à gros bout avant).

Je mesure pour chaque pale les poussées A, la puissance T, et le nombre (n) de tours-seconde. A l'aide de ces mesures, on construit des courbes ayant comme abscisses les incidences, et comme ordonnées soit A et $\frac{A}{T}$ pour un même n, soit $\frac{A}{T}$ pour une même poussée A. Je note pour chaque pale les incidences qui donnent $\frac{A}{T}$ maximum, et je tente d'appliquer ces données à la physiologie de l'aile battante.

Poussée en fonction de l'incidence. — Les courbes de A ont des ondulations plus ou moins prononcées suivant la forme de la pale, et suivant la vitesse pour une même pale.

(1) J'ai donné un dessin de ces pales dans ma Communication intitulée : *Sur les équations de similitude* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 822).

Dans la pale plane, il y a un point d'inflexion bien net vers 15°; dans les autres, il y a trois points d'inflexion en allant de 0° vers l'incidence où A est maximum. Ce maximum de poussée a lieu pour :

Pale plane à 40° aux faibles vitesses, 32° aux grandes;
Θ_{+8} à 40° aux faibles vitesses, 30° aux grandes;
Θ_0 à 30°;
Θ_{-37} à 30° aux faibles vitesses, 25° aux grandes.

Les pales glissantes ont des montées maximum à des incidences qui varient de 20° à 50° ([1]) suivant la forme des pales, et aussi suivant les expérimentateurs, mais on admet généralement que ce maximum a lieu à la même incidence, quelle que soit la vitesse de translation.

Poussée relative $\frac{A}{T}$ *en fonction de l'incidence.* — Je distinguerai deux cas :

1° *n constant.* — Le maximum de $\frac{A}{T}$ a lieu pour :

Pale plane, à 5° jusqu'à 9,5 tours, à 10° et davantage au-dessus;
Θ_{+8} à 14°, vers 9 tours, à 10° vers 12 tours;
Θ_0 à 10°, quel que soit le nombre de tours;
Θ_{-37} à 5° ([2]), quel que soit le nombre de tours.

2° A *constant.* — Les valeurs de $\frac{A}{T} \times 1000$ (A signifie des grammes et T des grammètres) sont inscrites dans le Tableau suivant en gros chiffres, ainsi que le nombre de tours en petits caractères. Je n'ai pris pour chaque pale que les incidences me donnant $\frac{A}{T}$ maximum.

A.	Pale plane à 10°.		Θ_{+8} à 15°.		Θ_0 à 15°.		Θ_{-10} à 10°.		Θ_{-37} à 5°.		Θ_{-37} à 10°.	
30.	13	**375**	8,4	**557**	7,46	**657**	9,74	**557**	9,35	**610**	8,1	**657**
40.	15	**315**	9,1	**545**	9,3	**530**	11	**525**	11,5	**560**	9,3	**565**
50.	17,2	**245**	10,65	**450**	9,8	**470**	12,55	**470**	12,5	**540**	10,4	**475**
70.			12,4	**390**	11,5	**395**	14,84	**350**	13,8	**396**	12,24	**390**

Remarques. — La pale sans torsion a une aussi bonne poussée relative que la pale hélicoïdale Θ_{-37}.

([1]) J'ai trouvé 40° et même 50° pour des ailes d'oiseaux raidies dans l'extension.

([2]) Rapprocher ce chiffre de celui trouvé par le Colonel Dorand pour l'angle optimum d'incidence sur l'hypothénuse du triangle ayant pour autres côtés v vitesse de translation, et $2\pi r n$ vitesse de rotation.

L'infériorité de la pale plane est due à l'absence des facteurs de géométrie animale.

Il serait intéressant de voir si les courbes de $\frac{A}{T}$ ont un maximum, à quelle vitesse, et si cette vitesse se rapproche de la constante animale (on sait que la vitesse moyenne de l'aile battante est relativement faible et sensiblement constante dans toute la série animale).

D'ores et déjà, cependant, on pourrait tenter une application de ces chiffres à la physiologie de cette aile. Celle-ci, d'après les chronophotographies [1], est en torsion positive au début du battement, puis successivement en torsion nulle et torsion négative. Ces déformations d'une pale si flexible sont dues, en grande partie, à la résistance aérienne. N'est-il pas rationnel d'attribuer aux muscles un rôle concomitant de guide, de contrôle, de manière à obtenir, dans chaque phase, le *rendement maximum?*

Prenons, par exemple, les trois phases successives Θ_{+8}, Θ_0, Θ_{-37}; il y a intérêt économique à maintenir l'incidence de 15° pour les deux premières, de 10° pour la troisième, et rien de plus facile pour l'animal, grâce à la forme des articulations, et au jeu de certains muscles *manœuvriers*, permettant une rotation positive, de sens contraire à celle de l'air.

J'ai insisté à satiété [2] sur le mécanisme de cette circumduction. Je lui attribuais un rôle de refoulement d'air vers le creux axillaire, au bénéfice de la propulsion et sustentation.

A ce rôle de transformateur de courant, on peut joindre la notion de rendement maximum, sans oublier toutefois les différences profondes du mouvement uniforme de mes pales, et du mouvement varié des ailes battantes, où l'inertie joue un rôle capital, encore si mal connu.

ASTRONOMIE. — *Retour de la comète périodique* 1911, VII (*Schaumasse*). Note de MM. **G. Fayet** et **A. Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Découverte en novembre 1911, à l'Observatoire de Nice, cette comète, de faible éclat, a été peu observée pendant la première apparition.

---

(1) De Marey, *sur le göeland, le pigeon;* de V. Lendenfeldt, *sur la* Calliphora vomitaria *volant presque au point fixe* (*Inst. zool. de Prague*, 1905).

(2) Dans ma Thèse de Sorbonne (*Comparaisons des organes du vol*, 1885), j'ai aussi démontré expérimentalement ce refoulement et son bénéfice [*Perfectionnements des hélices aériennes* (*Assoc. franç. Avanc. Sc.*, 1891)].

En 1913, elle est demeurée assez longtemps à une très petite distance de Jupiter et les éléments de l'orbite ont été considérablement modifiés; nous avons calculé les perturbations [1] et trouvé, en particulier, que l'époque du prochain passage au périhélie était avancée de plus d'un mois, résultat seulement approché, puisque l'on avait dû accepter comme point de départ les éléments fort incertains conclus de la première série d'observations.

Après plusieurs soirées de recherches minutieuses, M. Schaumasse a trouvé, dans la nuit du 29 octobre, une comète très faible (gr. 12,5 environ) dont le déplacement paraissait correspondre à celui de l'astre attendu, mais dont les coordonnées différaient notablement (42 minutes en Æ et 3° en déclinaison) de celles assignées par le calcul.

Cet objet a pu être revu, pendant une courte éclaircie, dans la nuit du 30 octobre et le mouvement diurne conclu est identique à celui que l'on obtient, pour la comète 1911, VII, en admettant que la date du passage au périhélie soit avancée du 8 novembre au 20 octobre.

S'il y a identité entre les deux astres, ce qui paraît à peu près certain, il faut en conclure que le moyen mouvement adopté pour 1911 est trop faible d'environ 3″, ce qui a pu vicier d'une façon sensible le calcul des perturbations par Jupiter pendant la grande proximité de 1913.

Voici les positions obtenues par M. Schaumasse, à l'aide de l'équatorial coudé, de 0,40 d'ouverture :

Dates. 1919.	Temps moyen de Nice.	ΔÆ.	Δ☉.	Nombre de comp.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Oct. 29.....	15.43.46	−0.50,95	+1.27,2	12:8	12. 3. 1,41	9,628n	+8.23. 0,3	0,768
» 30.....	16.24	+0.20, 9	+0.46	6:3	12. 6.55,4	»	+8. 4.33	»

Positions des étoiles de comparaison.

Dates. 1919.	★	Gr.	Æ moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
Oct. 29..	Anon.	11	12. 3.50,11	+2,25	+8.21.49,9	−16,8	Toulouse cl. 91; n° 60
» 30..	2574+8	9,3	12. 6.32,19	+2,25	+8. 4. 4,3	−16,9	Toulouse 3405

Remarques. — Octobre 29 : comète grandeur 12,5; diffuse, présentant une faible condensation qui ressort peu. Ciel très brumeux.

Octobre 30 : seulement quelques pointés à travers nuages.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 331.

PHYSIQUE. — *Comparaison de l'expérience et de la théorie mécanique de l'éther ondulatoire* (1). Note de M. G. SAGNAC, transmise par M. Lippmann.

La relativité newtonienne classique, étendue à l'énergie totale des éléments de radiation, constitue dans la théorie mécanique de l'éther la partie extérieure de la relativité générale directe qu'admettaient les théories d'émission ou celle de l'entraînement complet de Hertz.

A partir de cette relativité limitée à la matière molaire ou moléculaire et à l'énergie totale, la pure mécanique des petits mouvements pénètre, par l'intermédiaire d'une *transformation* profonde, dans l'univers intérieur des ondes et des centres radiants intramoléculaires; là elle retrouve l'ancien éther ondulatoire de Fresnel dans la première approximation seulement, et elle définit rigoureusement dans chaque champ de radiation en translation des lois nouvelles F qui diffèrent des lois L de la théorie de sir Joseph Larmor et de H.-A. Lorentz d'une manière irrémédiable :

L'expérience de relativité interférentielle de A.-A. Michelson qui a été la base des théories nouvelles peut se représenter dans la théorie F par la loi analytique :

$$\Delta_u \varphi = \frac{l}{\mu(u, \alpha)} - \frac{l}{\lambda} = \frac{u\, l \cos\alpha}{c\lambda} = \frac{ux}{c\lambda}.$$

$\Delta_u \varphi$ est le retard de phase que la translation de vitesse $\overline{u}$ dans le système de référence universel $\Sigma(o)$ imprime aux ondes propagées sur un chemin optique de longueur l et de projection x sur la direction de $\overline{u}$; ce chemin est compris dans le vide entre deux points matériels liés au champ S_u où la source radiante de vitesse $\overline{u}$ est immobile. L'expression $\frac{ux}{c\lambda}$ s'étend au cas d'une suite quelconque de trajets rectilignes compris entre deux points matériels dans le vide libre, ou bien entre deux centres intramoléculaires d'un milieu optique quelconque.

Dans la théorie F, la loi, déduite de la relativité réelle classique, considère le nombre x de divisions d'abscisse réellement indépendant de la vitesse u de translation du champ. Au contraire, dans la théorie L le même nombre x de divisions d'abscisse du système de référence n'est qu'une *mesure*

(1) Cf. *Comptes rendus*, t. 160, 1919, p. 469, 529 et 643.

apparente et correspond réellement à une longueur contractée par la translation dans l'éther et réduite à $\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}x$. C'est cette abscisse x' contractée qui seule intervient dans la loi du transport des axes. La vitesse de propagation est une constante C universelle dans l'éther L. Les ondes de l'éther L étant des sphères indépendantes de la vitesse de la source, l'énergie des battements qu'elles définissent en se superposant est toujours distribuée sur les mêmes sphères que la phase dans l'éther immobile. La mécanique L est homogène et universelle.

Les ondes de l'éther F sont ellipsoïdales (pour u inférieur à C) et leur superposition définit une énergie totale distribuée sur des sphères dont le centre coïncide exactement avec la position actuelle de la source. Ces sphères tautochrones sont entraînées complètement avec le champ S_u. La mécanique de la radiation est ici double et réunit par des liaisons mécaniques : 1° la relativité newtonienne extérieure ; 2° les lois intérieures des champs ondulatoires adaptés à leur vitesse u. Le zéro de la vitesse u est défini par l'identité de la vitesse C de l'énergie et de la vitesse V_0 des ondes devenue isotrope. Dans un champ quelconque S_u de vitesse u, la vitesse V des ondes est anisotrope et la vitesse C de l'énergie totale demeure invariable.

Si l'expérience que nous avons proposée sur la vitesse de propagation de l'énergie démontrait qu'à l'extérieur d'un tube à rayons positifs, la lumière interrompue, par exemple, par un miroir tournant de Foucault, avait, par rapport au tube, la vitesse de projection $C+\Delta u$ ou $C\left(1-\frac{\delta\lambda}{\lambda}\right)$, contrôlable par le déplacement spectral $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ de Fizeau et de Stark, la théorie L serait condamnée et la théorie F serait justifiée dans l'*existence simultanée des deux mécaniques* profondément différentes et cependant liées, des ondes et de l'énergie totale.

En effet, la vitesse des ondes dans un système en translation S_u sur un trajet de direction α dans S_u est en première approximation $(C-u\cos\alpha)$ ou $(C-v)$, valeur réelle seule considérée par la théorie F. Elle diffère donc de la vitesse de l'énergie (C) par $(-v)$ vitesse de recul des ondes par rapport à l'énergie newtonienne. Deux ondulations de sens opposés diffèrent de vitesse de $2v$ sur le même chemin optique lié au champ.

La loi précédente a été vérifiée à 2 pour 100 près en réalisant, dans un système en état de rotation uniforme, l'enregistrement photographique des franges dues à l'interférence de deux ondulations de sens opposés qui con-

tournent un même circuit d'aire S [1]. Celle des deux ondulations qui contourne le circuit dans le sens de la rotation mécanique se trouve retardée comme le demande l'hypothèse d'un milieu ondulatoire non entraîné par le plateau, qui porte rigidement liées les diverses pièces du circuit, avec la source lumineuse et le récepteur photographique.

La loi, vérifiée par les mesures du déplacement Δc du centre c d'interférence s'accorde, à 2 pour 100 près, avec celle qu'on déduit de la valeur élémentaire du retard de phase $\frac{u \cos \alpha \, dl}{\lambda}$. Pour le circuit total, $\frac{2 \omega S}{c \lambda}$ est le retard de phase d'une ondulation, ω est la vitesse angulaire et S l'aire du circuit tournant. C'est le quadruple de cette valeur qu'on observe dans l'expérience des deux faisceaux opposés quand on renverse le sens du mouvement mécanique. Il est équivalent de considérer, au lieu du retard élémentaire de phase, la loi de la vitesse approchée $(C - v)$ des ondes sur chaque élément du circuit tournant, ou la loi rigoureuse $C \frac{1 - \frac{u^2}{2c^2}}{1 + \frac{v}{c}}$ que la précision de l'expérience ne peut distinguer de la première.

Mais les termes du second ordre ainsi négligé se transforment, dans le passage remarquable de la loi des ondes, à la loi de la vitesse de l'énergie totale. Celle-ci, sous la forme de la loi de projection de l'énergie, est possible à vérifier par l'expérience du tube à rayons positifs. Il est donc possible de contrôler la simultanéité des deux vitesses distinctes des ondes et de l'énergie qui doivent différer de $(-v)$ ou $(-u \cos \alpha)$, dans le même champ en translation quand on les rapporte à la même direction α.

C'est cette différence $(-v)$, accessible à l'expérience, qui introduit l'hétérogénéité caractéristique de la mécanique NRF des liaisons, déduite de la relativité newtonienne extérieure et des lois de superposition des petits mouvements.

L'anisotropie du premier ordre de la vitesse des ondes dans le système de référence de la source est en accord avec l'expérience positive de l'interférographe tournant. Si l'on concevait la mesure des *durées* de propagation d'éclairs périodiques effectuée avec la même source lumineuse liée au plateau, l'expérience ne montrerait aucune différence entre les deux vitesses de l'énergie des éclairs propagés en sens opposés autour du même circuit pendant la rotation mécanique de l'ensemble du système.

---

[1] *Comptes rendus*, 1913, t. 156, p. 1838, et t. 157, p. 708 et 1410; *Journal de Physique*, mars 1914.

PHYSIQUE. — *Séparateurs de radiations : application à la Spectropolarimétrie.* Note de M. G. **Bruhat**, présentée par M. J. Violle.

L'appareil utilisé pour mes mesures spectropolarimétriques se compose d'un séparateur de radiations et d'un polarimètre ([1]). Le séparateur de radiations se compose en principe d'une fente-source de largeur réglable, d'une lentille collimatrice, d'un système de prismes et d'une lentille objectif, qui, pour une lumière monochromatique, donne de la fente-source une image de largeur d_1. En lumière blanche, ces images forment un spectre, dont une partie passe à travers une fente-diaphragme de largeur réglable d; le second diaphragme limitant le faisceau est placé contre l'objectif. Un système optique convenable donne de ces diaphragmes des images qui coïncident avec les diaphragmes du polarimètre, l'image finale de la fente étant sur la pupille.

Suivant la grandeur de l'absorption de la substance étudiée et l'allure de sa dispersion, on pourra opérer avec des lumières peu monochromatiques et intenses obtenues avec des fentes larges, ou au contraire avec des lumières plus faibles, mais plus monochromatiques, obtenues avec des fentes étroites. On augmentera la précision de la mesure de la longueur d'onde en réduisant la largeur de la bande spectrale employée, c'est-à-dire en rétrécissant les fentes; on augmentera la précision de la mesure polarimétrique en augmentant la quantité de lumière admise dans le polarimètre, c'est-à-dire en élargissant les fentes. Il y a donc lieu de chercher quel réglage il faut réaliser pour concilier au mieux ces deux conditions contradictoires, et dans quelles limites un spectropolarimètre donné permet de réaliser ce réglage.

On trouve que, pour une largeur de bande spectrale donnée, le flux lumineux est maximum pour $d = d_1$: *on devra donc opérer avec des fentes également ouvertes* ([2]). D'autre part, il est évidemment inutile, et même nuisible, d'ouvrir la fente-diaphragme au delà de la valeur d_0 pour laquelle son image cesse d'être entièrement reçue par la pupille : on est ainsi amené à considérer le cas particulier où les deux fentes ont toutes deux la largeur d_0. Les radiations extrêmes admises dans le polarimètre sont alors

---

([1]) Cf. Bruhat, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1914 (*Ann. de Phys.*, t. 3, p. 232).

([2]) Elias, *Zeit. f. Instrumentenkunde*, t. 31, 1911, p. 137.

distantes d'un certain intervalle $\Delta\lambda_0$, que j'appellerai la *largeur de bande caractéristique du spectropolarimètre*. On peut montrer qu'ainsi l'on n'emploie aux mesures que la moitié de l'éclat de la source dans cette bande spectrale.

Si l'on veut employer une bande plus étroite, on réduira également les deux fentes; pour une bande de largeur $\frac{\Delta\lambda_0}{p}$, on n'utilise plus que la fraction $\frac{1}{2p}$ de l'éclat de la source dans la bande employée, et les mesures polarimétriques sont $\sqrt{2p}$ fois moins précises qu'avec un appareil mieux approprié : *on ne devra pas employer de bandes spectrales dont la largeur soit beaucoup inférieure à la largeur caractéristique* $\left(\text{pratiquement, on s'arrêtera environ à } \frac{\Delta\lambda_0}{3}\right)$.

Si l'on veut employer une bande spectrale de largeur $p.\Delta\lambda_0$, on laissera à la fente-diaphragme la largeur d_0, et l'on ouvrira la fente-source. On utilise alors la fraction $1 - \frac{1}{2p}$ de l'éclat de la source : *il y a avantage à employer des largeurs de bande notablement supérieures à la largeur caractéristique*. On est limité dans ce sens par les difficultés de montage qui résultent alors de l'augmentation de l'étendue du faisceau dans l'appareil dispersif, et l'on ne dépassera guère pratiquement $p = 3$.

La valeur de d_0 dépend évidemment des diaphragmes qui se trouvent dans le polarimètre et y forment leur image sur la pupille : la largeur de bande $\Delta\lambda_0$ caractérise l'ensemble du polarimètre et de l'appareil dispersif. On peut définir une grandeur qui ne dépende que du séparateur de radiations en supposant que le polarimètre ne contienne que deux diaphragmes, celui qui limite les plages et la pupille de l'œil, et prenant alors pour image de la fente d_0 le carré inscrit dans la pupille : la valeur de $\Delta\lambda_0$ correspondante sera ce que j'appellerai la *largeur de bande caractéristique du séparateur de radiations*.

Dans l'appareil que j'ai réalisé, le système dispersif était un gros prisme à vision directe; un miroir plan placé derrière ce prisme le faisait traverser une seconde fois par le faisceau, et la rotation de ce miroir faisait défiler tout le spectre sur la fente-diaphragme, sans qu'on ait à toucher ni à la source, ni au polarimètre. La même lentille servait de lentille collimatrice et d'objectif : elle était légèrement inclinée (d'environ 3°) pour éliminer la lumière réfléchie par ses faces. La largeur de bande caractéristique du séparateur de radiations allait de 60 A. pour $\lambda = 5920$ à 35 A. pour $\lambda = 4950$.

Avec le Soleil comme source et un polarimètre de Lippich, en employant une pénombre d'environ 1°, et une bande verte ($\lambda = 5300$) d'une largeur d'environ 15 A., les pointés polarimétriques ne s'écartaient pas de plus d'un quart de minute de leur moyenne.

J'ai employé cet appareil à l'étude de la dispersion rotatoire au voisinage de bandes d'absorption étroites. J'ai pu reconnaître et mesurer l'anomalie de dispersion rotatoire et le dichroïsme circulaire de solutions de tartrate neutre d'uranyle, au voisinage de la bande 5000, et de solutions ammoniacales de tartrate de didyme, au voisinage de la bande 5620, et de la double bande verte 5225-5260. Les mesures, dont le détail sera publié ailleurs, confirment dans tous les cas aussi bien la règle de Natanson : *L'anomalie de la dispersion rotatoire est de même sens que le dichroïsme circulaire du côté rouge de la bande d'absorption, de sens inverse du côté violet*, que celle que j'ai énoncée en 1914 : *La différence entre la rotation maxima du côté rouge de la bande d'absorption et la rotation minima du côté violet est sensiblement égale à l'ellipticité maxima à l'intérieur de la bande.*

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les constantes fondamentales de la spectrométrie des rayons X.* Note de MM. **Ledoux-Lebard** et **Dauvillier**, présentée par M. Villard.

On sait que MM. Bragg (¹), dans leur détermination de la structure de la calcite, ont assigné à sa particule rhomboédrique élémentaire une masse correspondant à une demi-molécule de carbonate de calcium. Le volume v de cette particule se calcule, en fonction de la distance réticulaire d_p des plans p du rhomboèdre et de l'angle plan β au sommet, au moyen de la relation

$$v = \frac{(1+\cos\beta)^2}{\sin\beta(1+2\cos\beta)} d_p^3 = K d_p^3. \tag{1}$$

La valeur de d_p est alors donnée par l'expression

$$d_p = \left(\frac{1}{2}\frac{M}{\rho K}\right)^{\frac{1}{3}}, \tag{2}$$

M étant la masse moléculaire de CO^3Ca et ρ sa densité.

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, t. 89, 1914, p. 468.

MM. Bragg ont ainsi trouvé la valeur

$$d_p = 3{,}04 . 10^{-8} \text{ cm}$$

en partant des données : $CO^3Ca = 100$; $\rho = 2{,}71$; $K = 1{,}08$ ($\beta = 101^\circ 54'$) ; masse de l'atome d'hydrogène : $m = 1{,}64 . 10^{-24}$ g.

Depuis, Webster [1], utilisant les constantes déduites des plus récentes mesures de la charge e de l'électron et dues à Millikan, a publié

$$d_p = 3{,}030 \pm 0{,}001,$$

tandis que Compton [2] obtenait

$$d_p = 3{,}0279 \pm 0{,}001$$

sur les bases

$$K = 1{,}0960 ; \quad \rho = 2{,}7116 ; \quad CO^3Ca = 100{,}09 ;$$
$$N = 6{,}062 \pm 0{,}006 . 10^{-23} \text{ (nombre d'Avogadro de Millikan)}$$

et au moyen de l'expression

$$(3) \qquad d_p = \left(\frac{1}{2}\frac{CO^3Ca}{CNK}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Cette dernière détermination a été critiquée par Uhler [3] qui a montré que l'incertitude existant sur la valeur moyenne ($101^\circ 55'$) de β atteignait $\pm 2'$ et que la masse moléculaire de la calcite était plus exactement

$$CO^3Ca = 100{,}075,$$

si bien que l'on devait avoir

$$d_p = 3{,}0281 \pm 0{,}0016.$$

Enfin, des déterminations expérimentales très soignées ont été faites par voie spectrographique pour obtenir la valeur de cette constante en fonction de celle du sel gemme prise comme étant égale à $d_p = 2{,}814$. Uhler et Cooksey [4] ont ainsi trouvé

$$d_p = 3{,}0307,$$

---

(1) *Phys. Rev.*, t. 7, juin 1916, p. 607.
(2) *Phys. Rev.*, t. 7, juin 1916, p. 655.
(3) *Phys. Rev.*, t. 12, juillet 1918, p. 39.
(4) *Phys. Rev.*, t. 10, décembre 1917, p. 645.

et M. Siegbahn (1) a obtenu récemment

$$d_p = 3,02904.$$

Comme on le voit, il règne dans la littérature une incertitude inacceptable au sujet de cette constante, d'une importance pourtant fondamentale. Les mesures de longueurs d'ondes peuvent, en effet, s'effectuer aujourd'hui, grâce aux méthodes spectrographiques des deux derniers auteurs précédents, avec une approximation atteignant respectivement ± 4 et $\pm 3,10^{-5}$ unité Ångström, et la constante n'est connue qu'avec une précision presque cent fois moindre. De plus, on hésite actuellement, pour établir une base, entre le sel gemme et la calcite. Le premier, bien qu'ayant été, au début, presque exclusivement utilisé, semble d'un emploi moins sûr : sa densité ne saurait être ni aussi constante ni aussi bien connue que celle de la calcite, car il contient fréquemment des inclusions et des impuretés (SO^4Ca, SO^4Mg, KCl), dans une proportion pouvant atteindre plusieurs centièmes. Les rhomboèdres de calcite semblent, au contraire, exempts d'inclusions, et se révèlent d'une structure souvent parfaite, aussi bien à l'examen optique qu'à l'essai spectrographique. Ils ne semblent pas devoir contenir une proportion d'impuretés supérieure au millième et on leur admet une densité voisine de $\rho = 2,714$.

Si nous nous reportons d'abord aux déterminations de Compton et de Uhler, nous remarquons que leur formule (3) ne se confond pas avec l'expression (2) qui est la seule exacte. La masse moléculaire M du carbonate de calcium n'est pas, en effet, égale à $\frac{CO^3Ca}{N}$, mais bien à $\frac{CO^3Ca \times H}{N}$, H étant la masse atomique (1,008) de l'hydrogène. Il en résulte que les calculs de ces auteurs sont entachés d'une erreur sur M atteignant 1 pour 100, ce qui rend leurs discussions sur β et sur ρ tout à fait superflues.

Reprenons le calcul sur les bases

$$CO^3Ca = 100,075; \quad \rho = 2,714; \quad m = 1,662.10^{-24};$$
$$\beta = 101°55' \quad (K = 1,09626),$$

nous obtenons

$$d_p = \mathbf{3,0348}.10^{-8} \text{ cm}.$$

Si nous calculons de même la constante d_p des plans p du cube du sel gemme en adoptant

$$NaCl = 23,00 + 35,46; \quad \rho = 2,17; \quad m = 1,662.10^{-24},$$

nous trouvons

$$d_p = \mathbf{2,8184}.10^{-8} \text{ cm}.$$

(1) *Phil. Mag.*, t. **37**, juin 1919, p. 601.

Nous pouvons maintenant, à titre de vérification, recalculer en fonction de cette dernière quantité, la constante de la calcite, en utilisant les données expérimentales précises dues à Siegbahn, et à Uhler et Cooksey. En écrivant les relations de Bragg se rapportant à une même longueur d'onde et à ces deux cristaux, nous avons

$$d_p = \frac{2,8184 \times 3,02904}{2,81400} = 3,0338 \quad \text{(Siegbahn)},$$

$$d_p = \frac{2,8184 \times 3,0307}{2,81400} = 3,0354 \quad \text{(Uhler et Cooksey)}.$$

Si nous prenons la moyenne de ces deux déterminations, de beaucoup les plus précises qui aient été faites, nous trouvons

$$d_p = 3,0346,$$

valeur en accord remarquable (— 0,0002) avec le nombre que nous avons calculé. Nous pouvons donc proposer, avec une approximation certainement dix fois supérieure à celle que l'on avait auparavant, les nombres que nous avons obtenus.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité de l'eau de la grande source de Bagnoles-de-l'Orne et ses variations.* Note [1] de M. **P. Loisel**, présentée par M. Villard.

La radioactivité des gaz, dégagés au griffon de la grande source de Bagnoles, a été étudiée, en 1904, par Curie et Laborde. Ces auteurs ont trouvé par litre de gaz, étudié quatre jours après avoir été recueilli, une quantité d'émanation équivalente à

0,17 milligrammes-minutes de $RaBr^2$,

soit 0,0113 microcuries par litre.

En 1907, M. Moureu trouve pour 10 litres de gaz, recueilli dans les mêmes conditions, une teneur en émanation équivalente à

0,36 milligrammes-minutes de $RaBr^2$,

soit 0,0024 microcuries par litre de gaz.

[1] Séance du 13 octobre 1919.

J'ai recherché si l'eau de la grande source contenait en dissolution des sels de radium ; j'ai également effectué le dosage de l'émanation du radium dissoute dans l'eau.

J'ai recherché le radium par précipitation chimique, en ajoutant à l'eau de la source un sel de baryum et en précipitant par le sulfate d'ammoniaque. Le sel de radium se trouve entraîné ainsi que le thorium X et l'actinium X.

Étudiant le précipité ainsi formé et étalé en couche mince, au moyen d'un électroscope sensible, j'ai constamment obtenu, au cours de mes essais, la courbe caractéristique de la variation de l'activité d'un sel radifère en fonction du temps (1)

$$I = I_{min} + \frac{K_1 \Delta_1}{\lambda_1}(1 - e^{-\lambda_1 t}),$$

λ_1 étant la constante de l'émanation du radium.

Dans le dernier essai cependant j'ai obtenu une courbe complexe, le précipité contenant à la fois du radium et du thorium X.

Le radium apparaît donc comme un des éléments constants de la minéralisation de l'eau de la grande source.

De la valeur de l'intensité limite du courant produit par le sel radifère, on peut déduire la quantité de radium précipité et, de là, la quantité de radium dissoute par litre d'eau. Cette quantité varie considérablement, du simple au quintuple, oscillant de 22×10^{-12} g à 109×10^{-12} g par litre, la valeur moyenne étant de 68×10^{-12} g. La cause de ces variations n'a pas été jusqu'ici recherchée.

L'eau de la grande source contient en dissolution de nombreux gaz (Bouchard et Desgrez). Parmi ceux-ci se trouve l'émanation du radium. Des dosages journaliers, effectués pendant un mois (juin-juillet 1919), m'ont permis de constater que la quantité d'émanation en dissolution par litre d'eau varie dans de larges limites, de 2 à 15 dix-millimicrocuries. La comparaison de ces variations avec celles de la pression atmosphérique et de la température extérieure ne permet d'établir aucune relation. La cause de ce phénomène demeure inconnue.

---

(1) Mme Curie, *Thèse de doctorat*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur les décompositions chimiques, simultanées ou successives, provoquées par des agents physiques.* Note de M. **J.-A. Muller**, présentée par M. A. Haller.

Une décomposition non limitée, provoquée uniquement par un agent physique, que cette décomposition soit formulée par une équation chimique mono ou polymoléculaire, constitue toujours un phénomène monomoléculaire, car l'agent physique influence individuellement chaque molécule, ou chaque groupe moléculaire ou atomique défini.

Il en résulte que la masse d'un corps qui se décompose, à un moment donné, pendant un temps infiniment petit, est proportionnelle à la masse non encore décomposée de ce corps, en ce moment, et au temps; si l'énergie décomposante est constante, le coefficient de proportionnalité est constant et constitue alors la constante de vitesse de décomposition.

Supposons qu'un corps A subisse, dans ce cas, une série de décompositions simultanées du premier ordre, c'est-à-dire avec formation de corps résultant *directement* de la décomposition du corps A. Soient 1, m, m', ..., les masses non encore décomposées au bout des temps 0, dt, $2dt$, ... et $x_1, x_2, \ldots, x_n$ les coefficients de décomposition, au bout d'un temps quelconque, des différentes réactions, dont les constantes de vitesse sont respectivement $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$; on aura

$$x_1 = \lambda_1(1 + m + m' + \ldots)dt, \qquad \ldots, \qquad x_n = \lambda_n(1 + m + m' + \ldots)\,dt.$$

Il résulte de ces relations que, dans les décompositions simultanées du premier ordre, *les rapports de deux coefficients de décomposition, au bout d'un temps quelconque, sont égaux aux rapports des constantes de vitesse correspondantes.*

Au bout du temps t, on a

$$dx = \lambda_1(1 - x_1 - x_2 - \ldots - x_n)\,dt, \qquad \ldots, \qquad dx_n = \lambda_n(1 - x_1 - x_2 - \ldots - x_n)\,dt.$$

Si l'on pose

$$c_1 = 1 + \frac{\lambda_2 + \lambda_3 + \ldots + \lambda_n}{\lambda_1}, \qquad \ldots, \qquad c_n = 1 + \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots + \lambda_{n-1}}{\lambda_n},$$

et si l'on remarque que les coefficients de décomposition sont nuls pour $t = 0$, on déduit facilement de ces équations les relations suivantes :

$$x_1 = \frac{1 - e^{-c_1\lambda_1 t}}{c_1}, \qquad \ldots, \qquad x_n = \frac{1 - e^{-c_n\lambda_n t}}{c_n}.$$

S'il ne se produisait qu'une seule décomposition du premier ordre, on aurait simplement

$$x = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Quand le produit de décomposition du corps A, de masse initiale m, ou l'un de ces produits, B, subit lui-même une décomposition, la masse $\Delta^2 m$ du corps B qui se décompose, dans cette décomposition du *second ordre*, pendant le temps très court Δt qui suit l'instant initial, est, en remarquant que sa masse est alors nulle et qu'elle est égale à Δm au bout du temps Δt, très sensiblement égale à

$$\Delta^2 m = \lambda' \frac{\Delta m}{2} \Delta t;$$

d'où

$$\frac{\Delta^2 m}{\Delta m} \frac{1}{\Delta t} = \frac{\lambda'}{2}.$$

Le produit du coefficient de réaction par l'inverse du temps serait, au contraire, proportionnel au temps si la masse $\Delta^2 m$ provenait *directement* de la décomposition du corps A, par suite d'une décomposition du premier ordre, car on aurait, en remarquant que $\Delta m = \lambda m \Delta t$,

$$\frac{\Delta^2 m}{m} \frac{1}{\Delta t} = \frac{\lambda\lambda'}{2} \Delta t.$$

Si le produit de décomposition du corps B, ou l'un de ces produits, subit à son tour une décomposition du *troisième ordre*, la masse $\Delta^3 m$ qui s'en décompose, pendant le temps Δt qui suit l'instant initial, est égale à

$$\Delta^3 m = \frac{\lambda''}{2} \Delta^2 m \, \Delta t,$$

et l'on a

$$\frac{\Delta^3 m}{\Delta^2 m} \frac{1}{\Delta t} = \frac{\lambda''}{2}.$$

Dans le cas où la masse $\Delta^3 m$ proviendrait d'une réaction du deuxième ou du premier ordre, on aurait respectivement

$$\frac{\Delta^3 m}{\Delta m} \frac{1}{\Delta t} = \frac{\lambda'\lambda''}{4} \Delta t \quad \text{et} \quad \frac{\Delta^3 m}{m} \frac{1}{\Delta t} = \frac{\lambda\lambda'\lambda''}{4} \overline{\Delta t}^2.$$

Avec les données de l'analyse chimique, les considérations précédentes permettent, en général, de déterminer la nature et l'ordre des réactions qui se produisent dans les décompositions pyrogénées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'anhydride sulfurique et de l'oleum sur l'alcool méthylique. Préparation du sulfate diméthylique.* Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Nous avons établi antérieurement (¹) pourquoi l'action directe de l'acide sulfurique sur l'alcool méthylique ne peut aboutir à une préparation avantageuse du sulfate diméthylique et comment on est conduit à faire appel à l'anhydride sulfurique ou, tout au moins, aux mélanges industriels d'acide et d'anhydride connus sous le nom d'*oleums*.

I. L'introduction d'alcool méthylique dans l'acide sulfurique à 66° B. refroidi à — 18° fournit un complexe méthylsulfurique que l'on peut transformer en un mélange binaire d'acides sulfurique et méthylsulfurique.

1° On peut employer l'anhydride sulfurique; on condense, dans le mélange complexe, la quantité calculée d'anhydride provenant lui-même de la distillation d'oleum à 60 pour 100 $[SO^3 + 0,53\,SO^4H^2]$.

2° On peut employer directement l'oleum à 60 pour 100 en faisant tomber la liqueur méthylsulfurique dans cet oleum refroidi extérieurement par un mélange de glace et de sel.

Si l'on tient compte que l'acide à 66° B. peut s'écrire $SO^4H^2 + 0,23\,H^2O$, les deux modes opératoires s'interprètent :

$$SO^4H^2\,0,23\,H^2O + CH^3(OH) + 1,23\,SO^3 = 1,23\,SO^4H^2 + SO^4H\,CH^3,$$
$$\text{»} \qquad \text{»} \qquad + 1,23\,[SO^3 + 0,53\,SO^4H^2] = 1,88\,SO^4H^2 + SO^4H\,CH^3.$$

En distillant ensuite sous pression réduite les mélanges ainsi préparés et en élevant la température pendant un temps suffisant, on obtient ainsi des rendements très satisfaisants *en sulfate diméthylique*.

3° On peut opérer plus directement encore en introduisant l'oleum à 60 pour 100 dans l'alcool méthylique refroidi :

$$SO^3 + 0,53\,SO^4H^2 + CH^3(OH) = 0,53\,SO^4H^2 + SO^4H.CH^3.$$

Cette formule montre qu'il faut employer plus de 400 parties d'oleum à 60 pour 100 pour 100 parties d'alcool. Le mélange une fois réalisé, on distille comme précédemment : le sulfate diméthylique se forme aux dépens du sulfate acide de méthyle (*loc. cit.*).

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 435.

Ces expériences ont été répétées et les conditions en ont été variées; au lieu de refroidir énergiquement, on a seulement évité de laisser la température s'élever trop haut; au lieu de verser l'oleum dans l'alcool, on a fait l'inverse : dans tous les cas, le rendement a toujours été supérieur à 90 pour 100 du rendement théorique et s'est élevé parfois jusqu'à 95 pour 100; autrement dit, pour obtenir une tonne de sulfate diméthylique, il doit suffire d'employer 550^{kg} à 600^{kg} d'alcool méthylique pur.

II. Cette préparation sous la forme précédente est une opération industrielle. Le premier essai tenté paraît l'avoir été par une fabrique allemande. D'après le brevet (287572-1899), on mélangeait avec précaution 400 parties d'acide fumant à 25 pour 100 avec 100 parties d'alcool méthylique. Nous avons répété avec soin l'opération décrite et nous avons obtenu un *rendement de* 60 *à* 65 *pour* 100 *du rendement théorique*.

La proportion d'acide fumant employé était, comme cela résulte de ce qui a été dit plus haut, manifestement insuffisante (trois fois trop faible); aussi le bilan était-il défectueux.

Avant nous Ullmann (1903) avait répété l'opération indiquée dans le brevet et avait obtenu un rendement de 43 pour 100, c'est-à-dire du même ordre que celui que l'on peut atteindre par l'emploi d'acide sulfurique concentré exempt d'anhydride. L'insuffisance d'acide fumant ne suffit pas pour expliquer son insuccès, et il faut faire appel à une autre particularité.

Dans les techniques décrites précédemment, le sulfate diméthylique est extrait d'un mélange sulfurique qui, en fin d'opérations, correspond respectivement à 3^{mol},46, 4^{mol},76 et 2^{mol},06 d'acide sulfurique pour une molécule de sulfate diméthylique; on ne peut espérer extraire la totalité de ce produit et l'acide sulfurique, par un phénomène d'équilibre, retient opiniâtrément une quantité de sulfate acide de méthyle. Le petit déficit, cinq à dix centièmes, signalé dans nos expériences, s'explique ainsi; mais ce déficit s'accroît si la distillation n'est pas suffisamment prolongée et si la température de chauffe ne s'élève pas assez. Ce deficit s'accroît encore quand la masse d'acide sulfurique s'exagère. Or, si l'on emploie un oleum de moins en moins riche, il faut en employer des quantités croissantes et, de ce chef, le rendement doit s'affaisser encore.

III. Regnault a signalé dès 1837 que, si l'on fait arriver simultanément dans un ballon bien sec de l'anhydride sulfurique et de l'oxyde de méthyle, les deux gaz s'unissent avec une grande élévation de température en donnant du sulfate diméthylique. Cette observation conduit à un autre mode

de fabrication de cet éther. On recevra dans l'oleum les vapeurs d'oxyde de méthyle et l'on soumettra à la distillation le liquide quand tout l'anhydride qu'il renfermait initialement aura subi la transformation

$$SO^3 + (CH^3)^2O = SO^4(CH^3)^2.$$

Nous avons répété cette opération : l'oxyde de méthyle est absorbé par l'oleum comme l'anhydride carbonique par une solution alcaline; un courant rapide d'oxyde de méthyle détermine une grande élévation de température, mais si le courant gazeux est suffisamment lent, cette élévation de température peut être rendue insignifiante.

Les circonstances ne sont plus les mêmes que dans le cas précédent. Le sulfate diméthylique ne résulte pas de la décomposition du sulfate acide de méthyle; il est tout formé dans la solution sulfurique. Aussi la distillation sous pression réduite est-elle beaucoup moins pénible et exige-t-elle une chauffe moins prolongée sans atteindre la même température extérieure.

Des recherches variées établissent que le gaz oxyde de méthyle se dégage dans un grand nombre de circonstances; c'est sous cette forme que se produisent très souvent les pertes méthyliques dans les réactions qui en comportent. L'action de l'oleum sur l'oxyde de méthyle se présente donc sous l'aspect d'une récupération de produits résiduels, et par suite comme une opération fructueuse. C'est d'ailleurs en France que cette méthode a été découverte et utilisée industriellement en grand depuis 1895.

En résumé : l'action de l'oleum à 60 pour 100 sur l'alcool méthylique pur en proportion calculée conduit à la formation du sulfate diméthylique avec un rendement supérieur à 90 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La δ-cinchonine et ses isomères; ses relations avec la niquine.* Note de M. E. Léger, présentée par M. Ch. Moureu.

Cette base, signalée par Jungfleisch et Léger en 1894 [1], fut étudiée depuis par un certain nombre d'auteurs. Ceux-ci obtinrent pour le point de fusion et le pouvoir rotatoire des valeurs différentes de celles qui avaient été indiquées par Jungfleisch et Léger. Bien plus, Langer [2] admet que la δ-cinchonine n'a pas la composition que nous lui assignons, qu'elle ren-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 118, 1894, p. 29.
(2) *Mon. für Chem.*, t. 22, p. 157.

ferme 1[at] de carbone de moins que la cinchonine. Ces divergences m'ont engagé à reprendre l'étude de la δ-cinchonine en opérant sur des quantités de matière assez importantes pour pouvoir effectuer des séparations dans le cas où l'on aurait eu affaire à un mélange de plusieurs bases.

Jusqu'ici, Jungfleisch et moi avions purifié le chlorhydrate de δ-cinchonine par cristallisation dans l'eau. Après avoir constaté que ce sel est fort soluble, à chaud, dans l'alcool à 50° et peu soluble à froid, j'ai soumis à des cristallisations fractionnées dans cet alcool une masse assez importante de ce chlorhydrate (60^g). Le produit se sépare en deux fractions : un sel peu soluble dans l'alcool à 50°, qui cristallise, et un sel très soluble, qui reste en solution.

De chacune de ces deux fractions on régénère les bases, et celles-ci sont purifiées par des cristallisations dans l'éther, d'où elles se déposent sous forme d'aiguilles très peu solubles.

Ainsi qu'on le montrera plus loin, ces deux bases ne sont pas des isomères de la cinchonine. Elles possèdent la composition de l'hydrocinchonine de E. Caventou et Ed. Willm. Comme leur constitution est différente de celle de cette dernière base, je propose de nommer l'une *α-cinchonhydrine*, l'autre *β-cinchonhydrine*. Je résumerai en un Tableau les pouvoirs rotatoires de ces deux bases, en y joignant ceux autrefois trouvés par Jungfleisch et Léger pour leur δ-cinchonine, p étant égal à 1.

	α-cinchonhydrine.	β-cinchonhydrine.	δ-cinchonine de J. et L.
Dans l'eau avec 2HCl......	$\alpha_D = +196°,8$	$+106°$	$+178°,9$
Dans l'alcool absolu.......	$\alpha_D = +139°,8$	$+72°,16$	$+125°,2$

En opérant en solution alcoolique, à la même dilution, Langer a trouvé pour la δ-cinchonine +139°,5 et +141°,5 ; Arlt (¹) +140°,7 ; Cordier et Löwenhaupt (²) +139°,3. Ces nombres sont très voisins de celui que j'ai trouvé pour mon α-cinchonhydrine, soit +139°,8.

Les points de fusion des trois bases sont :

α-cinchonhydrine.	β-cinchonhydrine.	δ-cinchonine J. et L.
144°,4	155°,8	150°

Pour leurs δ-cinchonines, Langer trouva 141°,5 à 142°, Cordier et Löwenhaupt 144°.

L'examen des nombres trouvés pour α_D et pour le point de fusion indique

(¹) *Mon. für Chem.*, t. 20, p. 425.
(²) *Mon. für Chem.*, t. 19, p. 461.

que mon α-cinchonhydrine est identique à la δ-cinchonine de Arlt, Langer, Cordier et Löwenhaupt. Cet examen montre, en outre, que la δ-cinchonine de Jungfleisch et Léger doit être considérée comme un mélange de α et de β-cinchonhydrine.

L'anhydride acétique agit sur ces deux dernières bases pour donner, non pas un dérivé monoacétylé, comme on aurait pu s'y attendre, mais un dérivé diacétylé $C^{19}H^{22}(C^2H^3O)^2N^2O$. En outre, l'anhydride acétique n'exerce aucune action modificatrice sur ces deux bases, qui peuvent être régénérées, par saponification alcaline, avec un point de fusion à peine modifié; soit, pour l'isomère α, 143°,3, au lieu de 144°,8 avant acétylation.

Les cinchonhydrines α et β ne renfermant qu'un O, lequel est à l'état de OH, on est conduit à admettre que le second acétyle n'a pu se fixer que sur N, les bases devenant secondaires.

Cette conclusion s'accorde avec la propriété, observée par Langer, que posséderait sa δ-cinchonine (α-cinchonhydrine) de fournir un dérivé nitrosé.

La production d'un groupe NH ne peut s'expliquer qu'en admettant la fixation de H^2, engendré dans une réaction secondaire, sur le groupe $-CH^2-N\langle$ de la chaîne pontale du noyau quinuclidique de la cinchonine, et cela, entre CH^2 et N. Cette chaîne se trouvant par suite rompue, on obtiendra pour les cinchonhydrines α et β la formule suivante :

```
            CH — CH² — CH³
      H²C ╱    ╲ CH — CH = CH²
         |      |
      H²C ╲    ╱ CH — CHOH — C⁹H⁶N
            NH
```

En chauffant pendant 24 heures, à reflux, l'α-cinchonhydrine avec SO^4H^2 à 50 pour 100, on la transforme en un isomère : la γ-*cinchonhydrine*, lequel est amorphe, très soluble dans le chloroforme. Son chlorhydrate est très soluble dans l'eau ou l'alcool, mais il peut cristalliser dans le mélange alcool-éther en fines aiguilles anhydres, insolubles dans l'acétone. Le pouvoir rotatoire de ce sel, dans l'eau, avec 1^{mol} de HCl, est, pour $p=1$, $\alpha_D=+122°$. Calculé pour la base $+140°,2$.

En cherchant à éliminer HI de l'hydroiodoquinine, Skraup [1] obtint la niquine, base qui renfermerait 1^{atm} de carbone de moins que la quinine; or, la

---

[1] *Mon. für Chem.*, t. **14**, p. 428.

niquine a fourni à Skraup un dérivé nitrosé. En cela, elle se rapproche donc de la δ-cinchonine de Langer (α-cinchonhydrine), de telle sorte qu'on peut se demander si la niquine ne se formerait pas comme les cinchonhydrines α et β et par le même processus, donnant ainsi naissance à un isomère de l'hydroquinine : la *quinhydrine*, pour employer la nomenclature adoptée dans cette Note.

Les analyses de la niquine, publiées par Skraup, ne s'opposent pas à cette conclusion. De plus, bien que cet auteur représente la formation de la niquine par l'équation suivante :

$$C^{20}H^{24}N^2O^2 + H^2O = C^{19}H^{24}N^2O^2 + CH^2O,$$

Ed. Lippmann et F. Fleissner (¹) affirment n'avoir jamais rencontré, dans les produits de la réaction où se forme la niquine, ni aldéhyde formique ni acide formique.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques points de la géologie des Pyrénées.* Note (²) de M. **Stuart-Menteath**, présentée par M. H. Douvillé.

Je crois devoir signaler deux points importants pour la géologie des Pyrénées, qui ont été mal interprétés sur les cartes géologiques récentes, à Salies-du-Salat et à Louhossoa :

A Salies le granite forme l'axe continu de tout le bourrelet anticlinal de marnes rouges qui descendent verticalement sur ses flancs dans des sondages jusqu'à 300ᵐ au-dessous de la rivière du Salat. Marcel Bertrand a signalé ces sondages, mais sans connaître les confirmations que toute la carte d'Orthez a dernièrement fournies au problème des glaises.

Ce qui est décrit à Salies comme Trias est le granit typique qui occupe 2ᵏᵐ au nord de Betchat, et qui est directement encroûté par le calcaire cénomanien, très irrégulièrement transformé en gypse et glaises bariolées. Ce calcaire ressurgit au sud avec ses fossiles caractéristiques, après un bassin rempli par le Flysch à conglomérats, qui est toujours confondu avec le Cénomanien, malgré mes descriptions de 1881 et malgré les preuves répétées de MM. Bresson, Fournier, Douvillé et J. de Lapparent. Comme en cent autres endroits, ce calcaire est localement transformé en marbre analogue à la Griotte du Dévonien. Aucun fossile ni preuve quel-

(¹) *Mon. für Chem.*, t. 14, p. 553.
(²) Séance du 27 octobre 1919.

conque, n'atteste la présence du Paléozoïque; et il n'y a aucun conglomérat entre le granite et le calcaire, mais seulement les conglomérats qui recouvrent ce dernier dans toutes les Pyrénées. On ne pourrait pas imaginer un exemple plus net d'un surgissement de granite de bas en haut, tel que les nombreux exemples progressivement attestés sur les deux flancs des Pyrénées.

A Louhossoa, il s'agit d'un granite dont l'auréole typique de métamorphisme passe, sur plus de 300^{m} d'épaisseur, depuis des masses de chiastolite jusqu'au *knotenschiefer;* et, dans sa continuation à la Haya, le calcaire qu'il traverse est transformé en grenat sur 12^{m} d'épaisseur. Le calcaire de Louhossoa, qui fait absolument corps avec ce granite, varie depuis des masses considérables jusqu'à des lentilles de grandeur très variable. Ce calcaire dévonien est continu et ininterrompu au Sud, passant constamment à des quartzites très différents de ceux du Silurien, et qui m'ont fourni partout des fossiles du Dévonien, revisés par les experts les mieux connus. Dernièrement, en plein Silurien de la carte, j'ai trouvé une riche faune du Dévonien, vérifiée par M. Fournier et M. Douvillé dans le prétendu Silurien d'Ouès. Elle est à 100^{m} au-dessous du quartzite passant au calcaire, qui est caractéristique du Dévonien et arbitrairement classé d'abord par Jacquot dans le Cambrien et plus tard dans l'Ordovicien. Aujourd'hui on présente, comme découverte originale, ce calcaire comme crétacé au-dessous du granite. Dans quatre coupes de M. Seunes, il est figuré comme des lambeaux de Cénomanien flottant sur la surface du granite et séparé de ce dernier par un conglomérat. M. Seunes, ayant revisé le terrain pour la carte de Bayonne, a reconnu que ce calcaire est paléozoïque et qu'il est intimement lié au granite, comme cipolin. On a donc méconnu totalement ce calcaire et on a présenté, sur 30^{m}, le contact d'un filon de pegmatite, à Louhossoa, comme étant « en sifflet », et par suite en charriage. Or, cette disposition « en sifflet » est la disposition normale des filons intrusifs de pegmatite au contact des gneiss et des micaschistes, comme on peut l'observer sur les 10^{km} où ces terrains affleurent vers le Nord.

Sur la carte de Bayonne, ainsi que sur la carte de M. Seunes, les schistes d'Urcuray, à l'est de Cambo, sont reconnus comme la continuation des schistes fossilifères crétacés et jurassiques de Cambo. Ayant suivi leur continuité vingt fois sur le terrain, je puis affirmer que nulle part on ne trouverait un cas plus certain et plus clair. C'est donc par erreur que ces schistes ont été indiqués comme carbonifériens.

LITHOLOGIE. — *Sur les roches à Radiolaires des terrains dévoniens de la vallée de la Bruche (Vosges d'Alsace).* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

On sait, depuis quelques années, grâce aux découvertes des membres du Service géologique d'Alsace et de Lorraine, qu'on doit rapporter à l'étage dévonien moyen la masse des sédiments de la vallée de la Bruche que Daubrée, dans sa description géologique du département du Bas-Rhin, classait dans le terrain de transition.

Lithologiquement, il s'agit d'un ensemble de schistes, de phtanites, d'arkoses, de grès grossiers (improprement désignés comme grauwackes) et de conglomérats, au milieu desquels sont intercalées des lentilles de calcaires à Crinoïdes et Stromatopores et des coulées de roches éruptives basiques (dites *diabases* et *porphyres à labrador*) ou de roches acides (dites *cératophyres*) dont les sédiments contemporains tiraient une partie de leurs matériaux détritiques.

Les plus curieuses de toutes ces roches sont assurément les phtanites. J'en ai pu récemment faire l'étude micrographique détaillée et j'en voudrais résumer les caractères principaux. *Ce sont des roches à Radiolaires.* Dans une masse de calcédoine, ces organismes sont distribués en traînées réparties parallèlement à la stratification des bancs et contribuent avec quelques éléments détritiques (petites paillettes de mica blanc et grains de quartz) à donner à la roche une texture rubanée caractéristique.

Les Radiolaires appartiennent au groupe des Sphaerellariés. On voit à merveille, au microscope, la structure réticulée de leur squelette; mais, chose curieuse, aucun d'eux, malgré qu'il s'agisse de roches extrêmement fraîches, n'a gardé sa nature siliceuse. Ils sont, dans un très grand nombre de cas, transformés en une chlorite de très faible biréfringence. Dans certains types moins durs, plus détritiques et partant schisteux, on peut observer que des spicules d'Éponges leur sont associés : ces derniers sont entourés d'une zone de la même chlorite qui joue manifestement vis-à-vis d'eux le même rôle que la glauconie vis-à-vis des spicules d'Éponges de la craie. La chlorite reproduit le plus souvent tous les détails du squelette, mais dans certains cas ce dernier a complètement disparu et il ne reste que la trace de la place du Radiolaire marquée par une calcédoine plus largement cristallisée que celle qui constitue la masse même de la roche.

Dans d'autres cas, les Radiolaires sont remplacés par du mica blanc

associé à du quartz : un individu cristallin de mica prend généralement la place de plusieurs Radiolaires, de sorte que, en lames minces et entre nicols croisés, on voit les sections de ces Radiolaires, vivement colorées dans les teintes qui caractérisent la muscovite, s'éteindre par groupes.

Ces transformations des Radiolaires apparaissent dans les sédiments d'allure uniforme et de stratification continue; mais on les retrouve aussi dans les débris des mêmes roches à contours émoussés, qui forment les matériaux des conglomérats. Ces débris, généralement de couleur verte ou d'un gris verdâtre, sont associés dans les conglomérats à des fragments de roches noires déjà signalées par Daubrée qui les considérait comme des cornéennes arrachées à une formation plus ancienne. L'examen microscopique m'a révélé que ces roches noires étaient encore des roches à Radiolaires, mais dans lesquelles le squelette de ces organismes était complètement transformé en sillimanite.

Comme dans le cas précédent de leur transformation en mica blanc, c'est par groupes que ces Radiolaires ont été transformés en sillimanite; mais des cristaux de sillimanite s'individualisent aussi en dehors même du groupe, auquel ils se rattachent cependant souvent en gardant la même orientation optique. Un peu de mica blanc se joint parfois à la sillimanite, mais en faible quantité; aussi, faisant abstraction des quelques éléments détritiques, peut-on dire que ce qui n'est pas en sillimanite, dans la roche, est en calcédoine, et l'on peut observer tous les passages entre une roche très siliceuse pauvre en bâtonnets de sillimanite et une roche formée presque exclusivement de sillimanite dans laquelle les Radiolaires sont cependant encore facilement reconnaissables. On voit d'autre part, dans les mêmes conglomérats, que ces morceaux noirs passent aux morceaux verts et qu'il n'y a pas lieu, stratigraphiquement, de les distinguer originellement de ceux-ci.

Je dirai dans une autre Note quel intérêt présentent, au point de vue de l'origine des formations bréchiques, les conglomérats de la vallée de la Bruche; remarquons seulement ici que, composés de matériaux contemporains de l'époque de leur formation même, ils nous apprennent *qu'il fut un métamorphisme capable de transformer en cornes à sillimanite des roches dont l'évolution minéralogique normale eut fait des phtanites, et que l'action de ce métamorphisme se fit sentir sur les sédiments dès l'époque de leur dépôt puisqu'ils ont été, sous leur nouvel état, remaniés dans les couches immédiatement superposées.*

AGRONOMIE. — *Action de la cyanamide et de la dicyanodiamide sur le développement du maïs.* Note de MM. **P. Mazé**, **Vila** et **M. Lemoigne**, présentée par M. Roux.

La cyanamide calcique a fait l'objet d'un grand nombre d'essais pratiques destinés à établir sa valeur fertilisante. Les résultats enregistrés en France et surtout en Allemagne et en Italie montrent que son action sur le rendement des cultures est extrêmement capricieuse : elle varie, en effet, suivant les sols et suivant l'époque de son enfouissement. Quelquefois, la cyanamide produit des effets comparables à ceux du sulfate d'ammoniaque, mais il arrive souvent qu'ils sont moins marqués, sinon tout à fait nuls, parfois même négatifs.

Pour certains auteurs, ces irrégularités s'expliquent par la toxicité de la cyanamide qui, suivant Franck, Ulpiani, Perotti, etc., retarde ou même empêche la germination des semences. Pour d'autres expérimentateurs (Wagner, Gerlach, etc.), c'est la dicyanodiamide, produit de polymérisation de la cyanamide, abondant dans l'engrais conservé à l'humidité, qni est l'élément toxique. Les ouvrages français et les dernières publications qui ont été faites en France sur l'emploi de la cyanamide calcique adoptent de préférence cette dernière conception.

Il convient de départager ces opinions en recourant à la méthode de culture en milieu aseptique, capable de donner, sans difficulté, des résultats décisifs.

Au lieu d'utiliser l'engrais commercial, nous avons employé la cyanamide et la dicyanodiamide pures. Cette manière de procéder est légitime puisque la cyanamide calcique se transforme en cyanamide dans la terre sous l'action de l'eau et de l'acide carbonique suivant l'équation :

$$CN^2Ca + H^2O + CO^2 = CN^2H^2 + CO^3Ca.$$

La cyanamide pure (CN^2H^2) a été préparée suivant le procédé indiqué par Werner [1]. (Fusion : 450°. Ebullition : 132°-138° sous 12^{mm}.)

La dicyanodiamide a été obtenue en partant de la cyanamide calcique additionnée de trois parties d'eau et soumise pendant une heure et à 70°,

---

(1) P. Mazé, *Recherche d'une solution purement minérale, capable d'assurer l'évolution du maïs cultivé à l'abri des microbes* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, t. 33, mars 1919, p. 139.

dans un récipient métallique, à un fort courant de gaz carbonique. L'engrais brut, dans ces conditions, donne de la cyanamide qui se polymérise rapidement pour former de la dicyanodiamide $C^2N^4H^4$. On sépare la chaux par l'acide oxalique, et le liquide filtré est concentré dans le vide; la dicyanodiamide cristallise en longues aiguilles blanches groupées en houppes. (Fusion : 208°.)

Nous avons étudié l'action de ces deux composés sur la germination du maïs et sur son développement en milieu aseptique.

La germination a été réalisée en présence d'eau distillée ou de solution purement minérale complète (¹), additionnée de 0g,162 de cyanamide ou de 0g,162 de dicyanodiamide, de façon à réaliser partout la même richesse en azote calculée sur la dose de 0g,5 de nitrate de sodium par litre.

Pour éviter toute altération des composés cyanamidiques par la chaleur, on a filtré leurs solutions sur bougie Chamberland pour les répartir ensuite dans l'eau ou dans les solutions minérales stérilisées à l'autoclave.

Les résultats observés sont extrêmement nets : la cyanamide empêche la germination du maïs à la concentration de 0g,162 par litre, aussi bien dans la solution minérale que dans l'eau distillée.

La plupart des graines sont tuées, quelques-unes montrent un commencement de germination; il est rare qu'on observe une plantule normale après plusieurs semaines de développement. Les racines ne pénètrent pas dans la solution : dès que leur extrémité affleure le liquide, le développement s'arrête; des ramifications partent de la base qui viennent aussi toucher le liquide et s'aligner à son niveau. La tige évolue péniblement, mais ce travail d'adaptation n'est possible qu'à la lumière diffuse; exposée à la lumière solaire, la plantule meurt en quelques jours.

En présence de dicyanodiamide, les graines se développent comme celles qui germent dans l'eau distillée ou dans les solutions minérales témoins pourvues de 0g,5 de nitrate de sodium par litre. La dicyanodiamide n'est pas toxique à la dose de 0g,162 par litre.

L'étude du développement de la plante en solution nutritive complète, dans des flacons de 2 litres de capacité, a donné des résultats aussi concluants; la photographie ci-après, prise au 32e jour d'expérience, permet de s'en faire une idée précise.

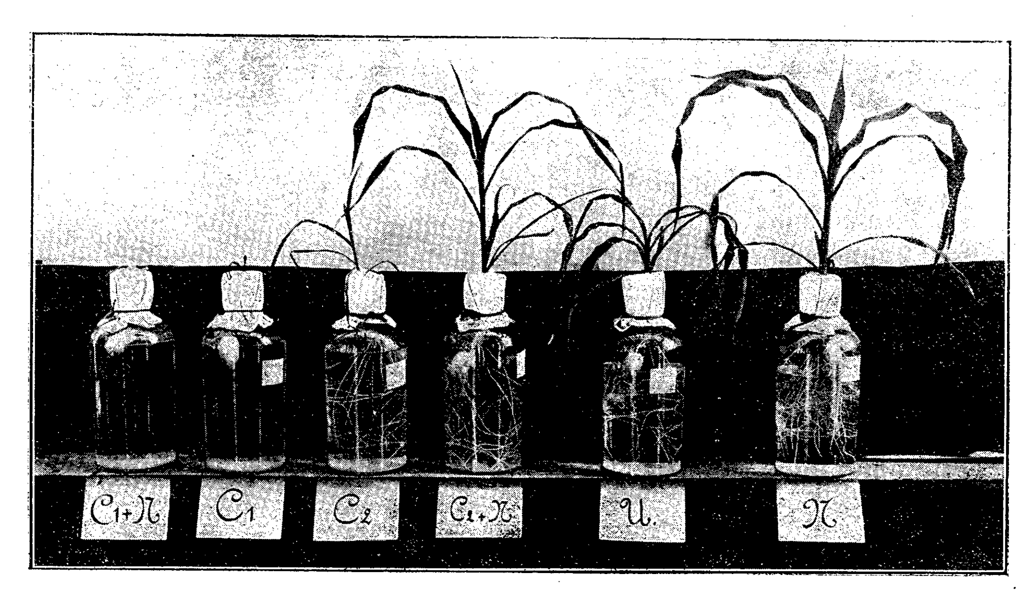
Dans cette photographie on a placé un représentant des divers lots de

(¹) WERNER, *Préparation de la cyanamide* (*Jour. of Chem. Soc.*, t. 109, décembre 1916, p. 1325-1317).

plantes qui constituent notre deuxième série d'expériences, laquelle a donné des résultats identiques à ceux d'une première série de cultures effectuées dans les mêmes milieux.

C_1	désigne la solution nutritive additionnée de	$0^g,162$	de cyanamide par litre;
C_2	» »	$0^g,162$	de dicyanodiamide par litre;
N	» »	$0^g,5$	de nitrate de sodium par litre.

C_1+N et C_2+N désignent respectivement les solutions qui ont reçu une double dose d'azote sous les états indiqués.



U désigne une solution minérale qui a reçu $0^g,222$ d'urée par litre comme aliment azoté : cette plante figure dans la photographie parce que l'étude a porté en même temps sur divers composés azotés.

On voit que la cyanamide, avec ou sans nitrate, tue la plantule; la mort survient visiblement en 48 heures au soleil : on n'observe pas la moindre trace d'évolution à partir du moment où la plante est placée dans le flacon.

La dicyanodiamide ne tue pas la plante, mais celle-ci est incapable de lui emprunter son azote et elle ne se développe pas mieux que dans l'eau distillée; son évolution se poursuit pendant des mois, sans augmentation de poids. Dans la solution additionnée de nitrate de sodium (C_2+N), la dicyanodiamide ne gêne pas sensiblement le développement de la plante, ce qui prouve bien qu'elle n'est pas toxique.

Ces résultats mettent bien en lumière les propriétés physiologiques de

la cyanamide et de la dicyanodiamide. Ni l'une ni l'autre ne sont des aliments azotés de la plante; la toxicité de la première explique bien les mécomptes enregistrés par les praticiens; l'inertie de la seconde, qui ne se transforme pas en urée, est une cause d'abaissement de rendement comparativement à l'azote ammoniacal lorsque l'engrais commercial en contient des quantités sensibles. Dans une prochaine Note, nous résumerons nos expériences concernant la transformation de la cyanamide en urée par les microbes.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur les recherches de résistance à l'usure des pièces des machines agricoles.* Note de M. **Ringelmann**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les pièces métalliques qui entrent dans la constitution des machines agricoles sont soumises à diverses résistances (extension, compression, flexion, torsion) dont la plupart sont d'un calcul assez facile. Le problème devient plus difficile quand on doit considérer l'action incessante des chocs développant des efforts momentanés élevés, que nous avons déjà cherché à évaluer [1], et qui tendent à ébrécher ou à déformer les pièces.

Sur l'initiative de M. Henry Le Chatelier, nous avons été chargé, par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, de recherches sur la nature des métaux employés dans la construction des machines agricoles (essais de dureté et fragilité, complétés par des essais métallographiques, traitements thermiques et analyses chimiques). Pour beaucoup de pièces travaillantes, il faut surtout considérer leur résistance à l'usure par frottement dans le sol suivant les diverses conditions de fonctionnement.

Un procédé simple consiste à essayer dans les champs chaque genre de pièces de différents métaux travaillant sous différentes charges; chaque pièce est reliée à un chariot spécial tiré par un attelage et muni d'un enregistreur du chemin parcouru.

Ce procédé est très long, car certaines pièces travaillantes sont usées après un parcours de plus de 2000^{km}, et il faut leur faire faire au moins de 100^{km} à 200^{km} dans les champs pour tirer une conclusion de chaque essai.

Ajoutons que, pour les mêmes pièces, il faut effectuer des essais comparatifs dans les diverses terres (siliceuses, argileuses, calcaires, silico-argi-

(1) *Comptes rendus*, t. **137**, 1903, p. 644.

leuses, silico-calcaires, pierreuses, etc.) se trouvant dans différents états d'humidité et, par suite, de ténacité.

[A propos de la grande influence de l'humidité du sol, nous pouvons donner une de nos constatations suivantes : dans une terre un peu légère, en été, par un temps très sec, un soc de charrue est usé (et doit être porté à la forge) après un parcours de 2400^m à 3000^m, alors que, dans la même terre, en septembre, dès que le sol a été mouillé, le même soc de charrue peut ouvrir une raie longue de 30000^m à 34000^m avant d'être raffilé.]

En appliquant le procédé précédent, même limité à un petit nombre de métaux, on voit que ces essais directs dans les champs sont très longs, très coûteux et, par suite, inapplicables.

Nous avons tourné la difficulté de la façon suivante :

Les pièces sont déplacées dans un sol déterminé par un grand manège mû, à la vitesse voulue, par un moteur électrique; un compteur enregistre le chemin parcouru, qui peut représenter autant de kilomètres que l'on veut. Dans ces conditions, pour un genre donné de pièces travaillantes, après un certain parcours L, on constate une usure a.

Un *étalon*, en métal homogène d'une usure très rapide, ayant les mêmes dimensions que les pièces essayées, indique au manège une usure A pour un parcours bien plus réduit l.

Pour obtenir les rapports des usures des pièces dans différents sols, on fait faire ensuite dans les champs, dont les terres sont de diverses natures, un parcours l' aux pièces étalons qui révèlent une usure A'.

Il est alors facile de comparer les usures A' et A avec a et d'en déduire les parcours L' que chaque nature de métal peut supporter dans différentes terres avant que la pièce soit assez usée pour être remise en état à la forge, ou être mise au rebut.

Avec cette méthode, les essais dans les champs avec les pièces étalons s'effectuent en une seule journée permettant d'obtenir une usure appréciable A'; on peut alors multiplier ces essais dans différentes terres à différents états d'humidité, c'est-à-dire à différentes époques de l'année.

Enfin, pour chaque genre de pièces travaillantes (formes, dimensions et charges), on doit opérer avec des métaux différents comme constantes physiques, composition chimique et ayant subi divers traitements thermiques, afin de pouvoir indiquer, dans chaque cas, les parcours L' sur lesquels on peut utiliser pratiquement les pièces travaillantes des machines destinées à la culture du sol.

Le même principe général d'expérimentation, avec emploi d'un étalon

approprié d'usure rapide, peut s'appliquer à l'étude de la résistance à l'usure des différentes pièces employées dans la construction des machines agricoles.

ZOOLOGIE. — *Sur la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Ed. Perrier.

Si les Poissons qui peuplent les eaux douces de l'Algérie et de la Tunisie sont maintenant assez bien étudiés, il n'en est pas de même pour ceux du Maroc dont la connaissance, due surtout aux travaux de Günther et de M. Boulenger, est relativement récente.

Au fur et à mesure cependant de la prise de possession par la France de l'empire chérifien et de son exploration méthodique, les collections adressées au Muséum national d'histoire naturelle sont devenues plus nombreuses; c'est ainsi que j'ai été amené à fournir des listes de Poissons récoltés en des points fort divers par Mme du Gast, le Dr Henri Millet, le Dr Sergent et, tout récemment, par la mission organisée par la Société de Géographie (1). Bien que ces documents soient encore assez incomplets, ils permettent néanmoins de se faire une idée approximative de la faune ichtyologique du Maroc.

On trouvera ci-dessous la récapitulation des espèces jusqu'ici rencontrées dans ses eaux fluviales :

Clupeidæ : **Clupea finta* Cuv.

Salmonidæ : *Salmo trutta* var. *macrostigma* A. Dum.

Cyprinidæ : *Varicorhinus maroccanus* Günther; *Barbus Reini* Gthr.; *B. Harterti* Gthr.; *B. Paytoni* Gthr.; *B. Rothschildi* Gthr.; *B. Riggenbachi* Gthr.; *B. Fritschi* Gthr.; *B. Waldoi* Boulgr.; *B. atlanticus* Blgr.; *B. callensis* C. V.; *B. setivimensis* C. V.; *B. Ksibi* Blgr.; *B. Pallaryi* Pellegrin; *B. Magni Atlantis* Pellegr.; *B. nasus* Gthr.

Anguillidæ : * *Anguilla vulgaris* Turton.

Serranidæ : * *Morone labrax* L.; * *M. punctata* Bl.

Mugilidæ : * *Mugil cephalus* L.; * *M. capito* Cuv.; * *M. auratus* Risso.

Blenniidæ : * *Blennius vulgaris* Pollini.

Parmi ces 24 espèces il y a lieu de distinguer, d'une part, celles forcément très cosmopolites qui remontent de la mer dans les eaux douces et *vice versa* (2) et,

(1) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 1912, p. 255 et 262; 1913, p. 119; 1919, n° 8.

(2) Dans la liste ci-dessus elles sont précédées du signe *.

d'autre part, celles exclusivement dulcaquicoles qui contribuent à donner à la faune ichtyologique du Maroc sa physionomie propre.

Dans la première catégorie rentrent des Poissons très importants au point de vue économique à cause de leur valeur comestible et qui tous se rencontrent aussi dans nos eaux métropolitaines, comme les Aloses, les Anguilles, les Bars, les Muges. Il faudra y joindre certainement dans la suite quelques petits Athérinidés et Gobiidés de moindre utilité.

Dans la seconde on doit signaler une variété de notre Truite commune et une série des plus remarquables de Cyprinidés, la plupart appartenant au genre Barbeau et spéciaux au Maroc. Des Poissons d'autres familles, Cyprinodontidés, Cichlidés, Gasterostéidés, que l'on rencontre en Algérie ou en Tunisie seront aussi ajoutés probablement à cette liste assez sommaire des espèces dulcaquicoles marocaines.

Quoi qu'il en soit, les Cyprinidés du Maroc prêtent déjà à des considérations fort intéressantes au point de vue zoogéographique. On sait qu'on divise généralement l'Afrique au point de vue de sa faune ichtyologique ([1]) en deux parties fort inégales : un bloc énorme comprenant la quasi-totalité du continent ou *région africaine* de la zone équatoriale cyprinoïde de Günther, une sous-région nord-ouest ou *mauritanique,* à caractère paléarctique, constituée par l'Atlas et les bassins côtiers de Tunisie, d'Algérie et du Maroc. Or, si ces divisions peuvent être admises d'une façon générale pour l'Algérie et la Tunisie ([2]), elles sont loin de cadrer aussi exactement en ce qui concerne le Maroc.

En effet, les Cyprinidés qui habitent ses eaux se rattachent à deux groupes distincts : d'un côté des Poissons à caractères nettement africains comme les *Varicorhinus* et certains Barbeaux à écailles à stries parallèles du type du *Barbus bynni* Forsk., du Nil, constituant toute une série, depuis les *B. Reini* et *Harterti* jusqu'au *B. atlanticus,* de l'autre des espèces à écailles à stries divergentes, plus ou moins apparentés à notre Barbeau fluviatile européen et dont on trouve également toute une série au Maroc qui, du *Barbus callensis*, conduit par des intermédiaires que je viens de décrire, comme les *B. Pallaryi* et *B. Magni Atlantis* jusqu'au *B. nasus,* forme très spécialisée, remarquable par la longueur de son museau et l'étroitesse de sa bouche.

Or tous ces Poissons, aussi bien ceux de type européen que ceux de type africain, coexistent dans les mêmes eaux, c'est-à-dire dans les fleuves côtiers qui se déversent dans l'Atlantique au nord et à l'ouest de l'Atlas : Oum er Rbia, Oued Tensift, Oued Kseb, etc.

Cette pénétration réciproque de deux faunes différentes méritait d'être signalée. Elle prouve que les grandes divisions zoogéographiques, basées principalement sur les Vertébrés supérieurs comme les Mammifères, ne sont

---

([1]) Cf. J. Pellegrin, *La distribution des Poissons d'eau douce en Afrique* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 297).

([2]) Le Sahara qui se rattache dans son ensemble à la faune africaine reçoit, surtout dans sa partie nord, certains apports de la faune mauritanique.

plus toujours applicables, lorsqu'on examine chaque groupe en particulier et surtout lorsqu'on descend à des animaux d'autres classes comme les Poissons dont les conditions d'habitat, les modes de vie et de propagation sont très différents.

ZOOLOGIE. — *Régime alimentaire de l'*Eleotris Legendrei *Pellegrin.* Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une Note du 22 juillet 1918 (1), j'ai décrit le mode de reproduction d'un petit poisson *comestible* des eaux douces de Madagascar que j'avais désigné, d'après Sauvage, sous le nom d'*E. gobioides*. Ainsi que l'a fait remarquer G. Boulenger (2), ce poisson ne pouvait être le même que le poisson de la Nouvelle-Zélande, le *E. gobioides*. De fait, J. Pellegrin a rectifié l'erreur de Sauvage et a fait de cet *Eleotris* une espèce nouvelle à laquelle il a donné le nom d'*E. Legendrei* (3). Les indigènes l'appellent *touou;* les Européens le qualifient de *goujon*, terme qu'il faut prendre dans le sens culinaire.

L'étude actuelle concerne le même poisson, seul gobiidé de la région de Tananarive et, en général, des districts des Hauts-Plateaux. Par suite d'une déforestation totale, les cours d'eau de ces districts ont pris un *caractère désertique;* leur lit ne porte qu'une flore rare ou nulle, qui exclut à peu près tout plankton, de sorte qu'ils ne peuvent nourrir que les rares espèces ichtyologiques capables de s'adapter à ces conditions défavorables.

Mes recherches ont été pratiquées très souvent sur des poissons vivants, toujours sur des poissons frais, provenant pour la plupart des marais et canaux du district ainsi que des rizières, pendant la période de mai, juin et juillet sur laquelle s'échelonne leur mise à sec. D'autres étaient pêchés dans les rizières ou les étangs de la Station d'aquiculture d'Antanimena (Tananarive) et portés de suite pour examen au laboratoire de la Station.

Technique. — Par incision de l'abdomen, la totalité du tube digestif du poisson est extraite, ensuite *ciseaux et pince sont essuyés de façon à ne retenir aucune écaille provenant de l'incision.* L'estomac et l'intestin sont vidés par incision ou expression, suivant la densité de leur contenu. Dans le cas, très fréquent, de détermination néces-

(1) *Comptes rendus*, t. **168**, 1918, p. 175.
(2) *Comptes rendus*, t. **168**, 1918, p. 228.
(3) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 99.

sitant le concours du microscope, des prélèvements de ce contenu sont délayés ou dissociés dans une boîte de Petri renfermant la quantité d'eau nécessaire, et portés sous l'objectif *chercheur de plankton.*

Le régime alimentaire de l'*E. Legendrei* est strictement carné; la brièveté du tube digestif du petit poisson l'indique déjà. Le tractus stomaco-intestinal, en effet, n'atteint pas même la longueur de l'animal mesurée de l'extrémité du museau à la racine de la caudale; il est par exemple de 60^{mm} chez un éleotris de 70^{mm}, de 65^{mm} chez un poisson de 75^{mm}. Soumis aux variations dépendant de la saison, le régime du goujon malgache est encore plus influencé par ses goûts spéciaux.

Sur 203 examens pratiqués du 1er mai au 7 janvier, 88 l'ont été en hiver, du 1-5 au 16-9; 86 du 16-9 au 12-12 et 29 du 12-12 au 7-1, c'est-à-dire en automne et pendant la première partie de la saison chaude qui débute à la mi-novembre (Madagascar est dans l'hémisphère austral). Le Tableau suivant résume au cours de ces trois périodes les menus du petit gobiidé :

	Nombre de poissons examinés.	Contenu du tube digestif (pour 100).				
		Poissons.	Crustacés.	Insectes.	Vides.	Non déterminés.
Du 1-5 au 16-9........	88	40	4	28	12	16
Du 16-9 au 12-12......	86	9	5	37	49	0
Du 12-12 au 7-1.......	29	0	3	87	10	0

C'est l'hiver que l'éleotris montre le plus d'appétit et avale le plus de grosses proies, des poissons surtout et presque toujours (35 fois sur 43) des poissons de *son espèce*, 6 fois seulement des cyprins, 2 fois des perches indigènes. *Le cannibalisme est donc la caractéristique du régime alimentaire hivernal de l'éleotris;* il s'exerce aux dépens des alevins de 25^{mm} à 30^{mm}, âgés de 3 à 6 mois. A défaut des caractères macroscopiques de la victime, l'aspect sous l'objectif des baguettes cténoïdes typiques de ses écailles suffit à l'identifier.

La victime est généralement avalée tête première; quand elles sont deux, ce qui n'est pas rare, elles sont disposées tête bêche dans l'estomac. Les tailles extrêmes de goujons cannibales ont été de $55^{mm} \times 12^{mm}$ et de $100^{mm} \times 30^{mm}$; leur taille moyenne de 70^{mm} à 85^{mm}. Une proie exceptionnellement grosse (40^{mm}) fut trouvée dans l'estomac d'un éleotris mesurant $75^{mm} \times 19^{mm}$.

La diminution rapide du cannibalisme en automne, puis sa cessation

complète à la fin de cette saison, sont-elles dues à l'absence de proies assez petites? Malgré la présence à cette époque d'innombrables alevins de cyprins dans les eaux habitées par le gobiidé, malgré l'extrême pauvreté aux mêmes mois de la petite faune entomologique aquatique, ce n'est qu'exceptionnellement que l'*Eleotris* consent à faire son repas d'un cyprin. En octobre et novembre, les vers de vase et les larves de culicides, insectes préférés du goujon, sont très rares dans les marais où il se trouve confiné par la baisse des eaux, ce qui explique le pourcentage élevé (49 pour 100) de ventres vides qu'on note en cette saison, pourcentage qui atteint 68 pour 100 si on le fait porter sur la seule période du 10 octobre au 12 décembre, tandis qu'il est de 5 pour 100 seulement pendant la période hivernale du 1[er] mai au 11 juillet.

De fin novembre au 7 janvier, date à laquelle ont cessé mes observations, aucun poisson n'entre dans l'alimentation du petit gobiidé, malgré qu'aux alevins de cyprins soient venus s'ajouter ceux de la perche indigène, qui cessent d'être gardés par leurs parents à l'âge d'un mois et seraient également une proie facile; l'*Eleotris* n'en a cure et compose entièrement ses repas de petites crevettes, qui sont assez rares, et surtout d'insectes divers (par ordre de fréquence : chironomes, culicides, notonectes, éphémères), qu'il va chercher dans les rizières où ils se multiplient aussitôt que la saison des pluies y a établi un régime hydraulique régulier.

Les champs de riz, dont la superficie est considérable, sont, en effet, les grands centres d'élevage de la petite faune aquatique; ces cultures irriguées servent de parcours d'été au cyprin, qui y stabule et y fraie, et à l'*Eleotris*, qui y passe en quête d'insectes. Anophélines, culicines, chironomes, éphémères, libellules y pullulent.

En 1918, la saison des pluies, et par suite le repiquage du riz, subit un retard de trois semaines environ qui prolongea d'autant la période des restrictions alimentaires de la population ichtyologique. L'apparition en grand nombre des chironomes et des éphémères précède de deux à trois semaines celle des culicides et, parmi eux, des anophélines.

L'*Eleotris*, dédaigne les éphémères, auxquelles il préfère les deux nématocères indiqués. Les chironomes sont de deux sortes : le ver de vase rouge (*Ch. plumosus*), et une autre espèce de même taille, mais de couleur noirâtre Il n'est pas rare de compter jusqu'à 30 larves de chironomes dans l'estomac du gobiidé, fréquemment 10 à 12, ce qui tient à ce que les vers de vase vivent en colonies. En été, il consomme aussi quelquefois des vers de terre;

c'est avec cet appât que le prennent les pêcheurs à la ligne. Jamais je n'ai trouvé de batracien dans son tube digestif.

Il est curieux de constater que l'ichtyophagie de l'*Eleotris* se limite presque entièrement à sa propre espèce; ces habitudes gastronomiques sont en opposition avec la sollicitude dont il fait preuve envers sa famille à l'époque de la reproduction, en gardant le nid où il a fixé ses œufs et en se laissant parfois capturer plutôt que de les abandonner, ne les élèverait-il que pour les dévorer plus tard !

Ces mœurs de cannibale sont regrettables au point de vue du ravitaillement humain, car ce petit poisson fait une excellente friture. Jusqu'à l'automne, sa cavité abdominale est garnie d'une graisse blanche et fine qu'il résorbe presque entièrement à cette époque, comme le zébu malgache résorbe sa bosse et, pour la même raison, la disette.

J'ai rapporté en France, vivants, quelques spécimens de cet intéressant gobiidé.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Des microrganismes vivant dans le papier; leur résistance à l'action de la chaleur et à celle du temps.* Note de M. V. **Galippe**, présentée par M. Yves Delage.

La présence de microrganismes dans les différentes sortes de papier en usage n'a rien qui doive nous étonner, mais il était de croyance générale que, pendant les divers traitements subis par la pâte à papier, ceux-ci devaient être détruits. Nous avons pu nous assurer du contraire dans les examens que nous avons pratiqués. Tous les papiers contiennent dans leurs fibres des éléments vivants et cultivables. Depuis de longues années, nous nous servons, dans nos manipulations, de papier-filtre stérilisé à l'autoclave chauffé à 120° C. pendant une demi-heure. L'examen direct du papier-filtre stérilisé, par dilacération et coloration, permit de voir qu'il renfermait dans sa trame, et particulièrement dans ses fibres, un grand nombre de bacilles ovoïdes réunis en amas. Ceux qui étaient isolés étaient doués de mouvements. Plusieurs séries d'ensemencements furent pratiqués avec des résultats positifs comparables.

D'après nos observations, la présence d'éléments vivants dans le papier à filtrer même stérilisé n'offrirait pas de grands inconvénients au moins pour les liquides à filtration rapide, mais pour les liquides organiques à filtration lente, il n'en serait peut-être pas ainsi.

Nous nous sommes demandé quelle influence le temps exerçait sur les éléments vivants contenus dans les papiers. Nos recherches ont porté sur des papiers fabriqués au XVIIIe et au XVe siècles. Notre technique est la suivante : des fragments de papier sont mis en contact avec de l'eau distillée stérilisée et fréquemment agités. Ces fragments sont ensuite séchés et placés pendant plusieurs heures dans de l'eau stérilisée et sursaturée d'éther. Puis, après avoir été de nouveau séchés, ces fragments sont ensemencés.

Le papier du XVIIIe siècle ainsi traité fut examiné directement après dilacération et coloration. On constata que les fibres qui le constituaient renfermaient un certain nombre de bacilles ovoïdes. Les ensemencements donnèrent des résultats positifs dès le lendemain. L'examen microscopique montra l'existence de nombreux bâtonnets, de bacilles et diplo-bacilles ovoïdes, ainsi que de microzymas et de formes mitochondriales. Du papier provenant d'un livre imprimé en 1496 fut traité comme il a été dit plus haut. L'examen direct, après dilacération et coloration, mit en évidence de gros microcoques renfermant un microzyma, des bacilles ovoïdes et de nombreux microzymas. Les microrganismes libres dans la préparation étaient doués de mouvements; ceux qui colonisaient les fibres du papier restaient immobiles. Les ensemencements se montrèrent positifs dès le lendemain. Outre des bacilles ovoïdes, des bâtonnets, la culture renfermait des formes mitochondriales extrêmement curieuses et rappelant celles que nous avons observées antérieurement dans le tissu musculaire, ainsi que dans l'épiderme des pétales de certaines fleurs. Plusieurs examens du même papier, ainsi que de nouveaux ensemencements, donnèrent des résultats comparables.

Toutefois nous devons signaler que dans l'une de nos cultures nous avons rencontré un bacille morphologiquement identique à celui de Nicolaïer (B. du tétanos).

Encouragé par ces premiers résultats, nous nous sommes demandé si des papiers plus anciens encore nous donneraient des résultats comparables et, grâce à l'amabilité d'un érudit, nous avons pu nous procurer des fragments de manuscrits chinois. Aucune date précise n'a pu être assignée à ces manuscrits, mais il nous a été affirmé qu'ils remontaient à une époque très antérieure à la découverte de l'imprimerie. De ces deux spécimens, l'un (n° 1) paraissait plus ancien et était plus résistant que le second (n° 2). Après avoir été traités par la méthode indiquée, ces fragments de papier furent soumis à l'examen direct. Le n° 1 renfermait à l'intérieur de ses

fibres de nombreux bacilles ovoïdes; des bâtonnets, des microcoques et des diplocoques. Ensemencés sur de la gélose, ces fragments donnèrent des résultats positifs et la culture se montra constituée par des bâtonnets, de gros bacilles ovoïdes et des formations mitochondriales. Tous ces organismes étaient doués de mouvements. Deux jours après l'ensemencement on trouvait dans les fibres du papier des bacilles ovoïdes, des chaînettes de bâtonnets doués de mouvements. L'évolution des microrganismes ne présenta rien de particulier.

L'examen direct du spécimen n° 2 permit de voir à l'intérieur des fibres des bacilles ovoïdes d'un volume considérable. L'ensemencement donna des résultats positifs. La culture renfermait les formes mitochondriales déjà signalées; de gros bâtonnets, ainsi qu'un grand nombre de bacilles ovoïdes et de microzymas. Après trois jours d'incubation, tous ces éléments s'étaient multipliés et avaient subi leur évolution normale. Ils étaient doués de mouvements.

Un savant Egyptologue, M. Bénedite, a bien voulu nous remettre un fragment de papyrus de l'époque Ptolémaïque, c'est-à-dire remontant à deux cents ans environ avant notre ère. Après avoir été soumis au traitement indiqué, des fragments de ce papyrus furent ensemencés sur différents milieux de culture. L'un d'eux fut soumis à l'examen direct après dilacération et coloration. On retrouva inaltérées de grandes cellules épidermiques restées unies entre elles. Parmi celles-ci, les unes étaient vides, les autres renfermaient des microrganismes de formes différentes. On y distinguait de gros corps sphériques, des bâtonnets disposés en chaînettes, des bacilles ovoïdes, des microcoques et des diplocoques. Après trois heures d'hydratation, ces microrganismes intra-cellulaires, immobilisés depuis tant de siècles, se montrèrent doués de mouvements. Après vingt-quatre heures, l'ensemencement donna des résultats positifs et l'on retrouva dans les cultures, en voie de multiplication et d'évolution, les formations mitochondriales ainsi que les divers microrganismes observés dans l'examen direct.

En présence de ces résultats inattendus, nous avons procédé à de nouvelles recherches, mais en modifiant notre technique, c'est-à-dire en faisant macérer dans l'éther pur les fragments de Papyrus afin de les débarrasser des matières résineuses qu'ils renfermaient et qui gênaient nos observations. Les résultats obtenus n'en furent pas modifiés et l'examen d'un fragment de papyrus, dilacéré et coloré, nous permit de retrouver les mêmes particularités signalées plus haut, avec cette différence que les microrga-

nismes intracellulaires étaient doués de mouvements. Les ensemencements ont donné des résultats en quelque sorte superposables aux premiers.

Afin de compléter ce travail, grâce au concours amical de M. le professeur Guignard, nous avons pu étudier un spécimen du *Cyperus Papyrus* aux points de vue anatomique et bactériologique. L'examen direct de l'épiderme des gaînes foliaires et celui de la tige nous ont permis de retrouver les mêmes éléments anatomiques que ceux rencontrés dans le *Papyrus ptolémaïque*. Nous avons observé dans les cellules, dans les fibres et dans nos cultures les formes mitochondriales signalées plus haut, ainsi que des bacilles ovoïdes, des bâtonnets et de nombreux microzymas doués de mouvements.

Nos recherches antérieures avaient établi la résistance des organismes intra-cellulaires à l'action de la chaleur et de différents antiseptiques; celles-ci démontrent que le temps n'exerce pas davantage d'action sur eux (1).

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une épizootie de Typhose aviaire.* Note de M. **F. d'Herelle**, présentée par M. Roux.

Les maladies qui atteignent les oiseaux de basse-cour sont encore peu connues et le terme de choléra des poules s'applique à diverses maladies assez semblables quant aux symptômes et aux lésions qu'elles provoquent, mais fort différentes en ce qui concerne l'agent pathogène et l'épidémiologie; de ces maladies, le choléra des poules, *sensu stricto*, semble être de beaucoup la moins fréquente, contrairement à l'opinion généralement admise.

Une grave épizootie sévit actuellement en France sur les Gallinacés; les foyers, dont quelques-uns sont fort étendus, se trouvent disséminés sur toute l'étendue du territoire. De nombreux vétérinaires m'ont envoyé des échantillons de sang prélevés sur des poules venant de succomber : sur 67 échantillons examinés jusqu'à ce jour je n'ai pas constaté une seule fois la présence de la bactérie ovoïde de Pasteur. 56 fois j'ai isolé *B. sanguinarum* Moore; dans 11 cas le sang était aseptique, quoique les prélèvements aient été effectués sur des sujets provenant de basses-cours décimées par une maladie à allure épizootique, la peste aviaire n'étant d'ailleurs pas en cause

(1) Ce travail a été fait dans le laboratoire de M. le professeur Y. Delage, avec le concours de Mme G. Soufflaud.

car tous se sont montrés expérimentalement avirulents. L'épizootie actuelle est donc, dans la grande majorité des cas, une épizootie de thyphose aviaire, maladie dont l'existence n'avait pas encore été signalée en France, avec coexistence probable dans certains foyers d'une maladie de nature encore inconnue et qui paraît particulièrement fréquente dans la Haute-Garonne où elle cause une mortalité élevée parmi les poules et les oies, ces dernières étant d'ailleurs réfractaires à la typhose.

La typhose aviaire a été jusqu'ici surtout étudiée aux États-Unis où elle est connue sous le nom de *Fowl typhoïd*. L'agent pathogène, décrit par Moore en 1898, sous le nom de *Bacterium sanguinarum*, présente, à la mobilité près, les caractéristiques du bacille d'Eberth, agglutinabilité comprise. L'épidémiologie de typhose aviaire présente également bien des points communs avec celle de la typhoïde humaine. La maladie sévit uniquement sur les Gallinacés, les adultes jeunes sont plus sensibles que les poussins et que les animaux âgés. Les déjections et le sang sont virulents.

J'ai reconnu jusqu'à ce jour l'existence de la typhose aviaire dans les départements suivants : Seine-et-Marne, Aube, Yonne, Ain, Loir-et-Cher, Saône-et-Loire, Loiret, Côtes-du-Nord, Charente, Charente-Inférieure, Aude, Drôme, Lot-et-Garonne, Haute-Garonne. D'après les renseignements que j'ai pu centraliser, l'épizootie actuelle semble avoir débuté au printemps 1916 et le foyer le plus ancien que j'ai pu découvrir se trouve dans l'arrondissement d'Arcis-sur-Aube. La maladie existait-elle auparavant dans la région sous une forme bénigne, ou bien a-t-elle été importée des États-Unis par des chevaux ayant séjourné avant leur départ dans des écuries contaminées? C'est ce qu'il est impossible de dire. En tous cas il semble probable que les conditions spéciales imposées par la guerre, les déplacements fréquents de troupes montées et les voyages des permisionnaires ruraux particulièrement, ont dû contribuer à sa dissémination rapide sur tout le pays.

J'ai pu, guidé par les renseignements de M. Gillot, vétérinaire à Neuvy, reconstituer le mode de formation d'un foyer, je l'indiquerai à titre d'exemple, car, au moyen de contamination près, l'allure est partout la même. En décembre 1918, un négociant en bestiaux du village de Chaing héberge dans son écurie un troupeau de moutons achetés dans la région de Saint-Florentin ou sévissait l'épizootie. Une semaine environ plus tard, on trouve une poule morte dans l'écurie; six à sept jours après, onze poules sur une soixantaine succombent à quelques heures d'intervalle, puis la maladie

prend une allure enzootique, trente-trois poules succombent au cours des trois mois suivants durant lesquels les autres poulaillers du village se contaminent les uns après les autres, puis l'épizootie, faisant tache d'huile, gagne les villages voisins.

Une fois installée dans une région, la maladie prend une allure enzootique. D'après des données qui m'ont été fournies par M. Petiot, vétérinaire à Pougy-sur-Aube, les basses-cours de cette commune sont décimées chaque année depuis 1916, la mortalité se maintenant aussi élevée en 1919 que durant les années précédentes. Il est impossible de prévoir la durée de l'enzootie, car, outre qu'on ne trouve guère de renseignements sur l'épidémiologie de la typhose dans les Mémoires parus jusqu'ici, la maladie a toujours revêtu aux États-Unis un caractère beaucoup plus localisé; les conditions se trouvent donc être très différentes.

S'il est difficile d'imaginer des mesures propres à empêcher la propagation de la maladie par l'intermédiaire des hommes qui véhiculent des particules de matières virulentes à la semelle de leurs souliers ou des animaux qui les transportent entre leurs sabots, il n'en est pas de même d'un autre mode de dissémination qu'il est intéressant de signaler : certains cultivateurs des régions où sévit la typhose se hâtent de vendre leurs volailles dès l'apparition de la maladie; les animaux sont dirigés sur les marchés des grandes villes et, si la plus grande partie va à la consommation, il arrive parfois que des lots sont achetés en vue de l'élevage, surtout pour le repeuplement des poulaillers des départements dévastés par la guerre, où l'on crée ainsi de nouveaux foyers. Les achats de volailles pour ces régions devraient être faits avec discernement.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 20 octobre 1919.)

Note de M. *Blondel*, Caractéristiques d'oscillation des lampes à trois électrodes :

Page 678, ligne 6 en remontant, *au lieu de* $R = \frac{L + kM}{C\rho}$, *lire* $R = -\frac{L + kM}{C\rho}$; ligne 2 en remontant, *au lieu de* $\frac{u}{i} = \frac{L}{\rho(L + kM)} \cdots$, *lire* $\frac{u}{i} = \frac{\rho L}{L + kM} = -\frac{L}{CR}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Sur un cas de diffraction des images des astres circulaires.* Note de M. **Maurice Hamy**.

J'ai abordé, dans un Mémoire récent (¹), l'étude d'un problème de diffraction qui s'énonce de la forme suivante :

« Un astre circulaire de diamètre angulaire 2ε, de l'ordre de grandeur de celui du Soleil, étant observé au foyer d'une lunette diaphragmée par une fente rectiligne de largeur a et de longueur h, trouver la valeur de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie de l'image parallèle au grand côté de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'axe. »

Mes recherches sur ce sujet, poursuivies en supposant la largeur a très faible, en raison de la simplification que cette hypothèse introduit dans les raisonnements et les calculs, demandaient à être étendues au cas où la fente possède une largeur finie qui intéresse le plus les applications.

La présente Note a pour objet d'indiquer les premiers résultats auxquels je suis parvenu en considérant la question dans toute sa généralité.

Appelons λ la longueur d'onde des radiations simples, isolées par un écran coloré convenable placé devant l'œil de l'observateur.

Posons d'autre part

$$m = \pi \frac{h \sin \varepsilon}{\lambda}, \qquad n = \pi \frac{a \sin \varepsilon}{\lambda}, \qquad \alpha = \frac{\sin \varphi}{\sin \varepsilon}.$$

(¹) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1917.

L'intensité lumineuse dans la direction φ a pour expression

$$\mathrm{I} = \Omega m^2 n^2 \mathrm{K},$$

Ω désignant une constante dépendant de l'éclat intrinsèque de la source, et K l'intégrale

$$\mathrm{K} = \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{m(u-\alpha)}\right]^2 \sqrt{1-u^2}\, du \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin nz\sqrt{1-u^2}}{nz\sqrt{1-u^2}}\right]^2 dz$$

qu'il s'agit d'évaluer, en tenant compte de la circonstance que m et n ont des valeurs élevées, dans les applications, vu la petitesse de λ par rapport à a et à h. On démontre que l'on a

$$16 m^2 n^2 \mathrm{K} = 2\mathrm{J} - \mathrm{L}$$

en faisant

$$\mathrm{J} = \int_c \frac{1}{u-\alpha} \, \frac{\mathrm{E}^{i2n\sqrt{1-u^2}} + \mathrm{E}^{-i2n\sqrt{1-u^2}}}{(1-u^2)^{\frac{3}{2}}}\, u\, du,$$

$$\mathrm{L} = \int_c \frac{\mathrm{E}^{i2m(u-\alpha)} + \mathrm{E}^{-i2m(u-\alpha)}}{(u-\alpha)^2} \, \frac{du}{\sqrt{1-u^2}} \int_{-1}^{+1} \frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-u^2}}{z^2}\, dz,$$

E désignant la base des logarithmes népériens, i le symbole $\sqrt{-1}$ et $\int_c$ une intégrale prise le long d'un contour fermé c renfermant les points $u = \alpha$, $u = -1$, $u = +1$. Après des transformations longues et délicates, les intégrales J et L peuvent être calculées, avec de faibles erreurs relatives, en s'appuyant sur des théories exposées dans mon Mémoire ([1]) sur l'approximation des fonctions de grands nombres.

On trouve pour J les expressions suivantes :

Pour $\alpha = 0$,

$$\mathrm{J} = -8n\pi + 4\sqrt{\frac{\pi}{n}}\left[\cos\left(2n - \frac{\pi}{4}\right) + \frac{9}{16n}\sin\left(2n - \frac{\pi}{4}\right) + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots\right];$$

Pour $0 < \alpha < 1$,

$$\mathrm{J} = \frac{8n\pi}{\alpha^2 - 1} + 4\pi\alpha \frac{\sin 2n\sqrt{1-\alpha^2}}{(1-\alpha^2)^{\frac{3}{2}}}$$
$$+ \frac{2\sqrt{\pi}}{\alpha^2 n^{\frac{3}{2}}}\left[\cos\left(2n + \frac{\pi}{4}\right) + \frac{3(7\alpha^2 + 8)}{16\alpha^2} \, \frac{\sin\left(2n + \frac{\pi}{4}\right)}{n} + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots\right];$$

([1]) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1908.

Pour $\alpha > 1$,

$$J = \frac{8n\pi}{\alpha^2 - 1} + \frac{2\pi\alpha}{(\alpha^2-1)^{\frac{3}{2}}}\left[E^{-2n\sqrt{\alpha^2-1}} - E^{2n\sqrt{\alpha^2-1}}\right]$$
$$+ \frac{2\sqrt{\pi}}{\alpha^2 n^{\frac{3}{2}}}\left[\cos\left(2n+\frac{\pi}{4}\right) + \frac{3(7\alpha^2+8)}{16\alpha^2}\,\frac{\sin\left(2n+\frac{\pi}{4}\right)}{n} + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots\right].$$

Les deux dernières formules tendent l'une et l'autre vers la valeur

$$J = -4n\pi\,\frac{3+4n^2}{3} + \frac{2\sqrt{\pi}}{n^{\frac{3}{2}}}\left[\cos\left(2n+\frac{\pi}{4}\right) + \frac{45}{16}\,\frac{\sin\left(2n+\frac{\pi}{4}\right)}{n} + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots\right],$$

lorsque α tend vers 1.

Dans ces formules, le produit par n^2 des termes négligés entre crochets reste fini lorsque n augmente indéfiniment.

La détermination de L conduit à la considération des séries définies ci-dessous, dans lesquelles s désigne un entier positif ou nul et Γ la fonction eulérienne de seconde espèce :

$$S_s = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\cos(p-s)\frac{\pi}{2} + \sin(p-s)\frac{\pi}{2}}{(2p-1)(2p-2s-3)(2p-2s-1)\Gamma(p+1)}\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1},$$

$$T_s = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\cos(p-s)\frac{\pi}{2} - \sin(p-s)\frac{\pi}{2}}{[4(p-s)^2-1]\Gamma(p+1)}(2p+1)\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1},$$

$$U = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{(2p-1)\,\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} + \sin p\frac{\pi}{2}\right),$$

$$V = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{(2p-1)\,\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} - \sin p\frac{\pi}{2}\right),$$

$$W = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{2p+1}{2p-1}\,\frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} - \sin p\frac{\pi}{2}\right),$$

$$Z = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{2p+1}{2p-1}\,\frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} + \sin p\frac{\pi}{2}\right).$$

On a pour L les expressions suivantes :

Pour $\alpha = 1$,

$$L = 32n^2\sqrt{2\pi m}\left[S_0 + \frac{T_0}{16m} + \frac{1}{m^2}(\quad) + \ldots\right].$$

Lorsque α est différent de 1, il convient de poser

$$x = 2m(\alpha - 1).$$

Si x est un nombre suffisamment élevé en valeur absolue, on a, pour $0 < \alpha < 1$,

$$\frac{L}{32n^2\sqrt{2\pi m}} = -\frac{1}{2}\sqrt{\pi}\sqrt{-x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos\sqrt{-2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}z}{-2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)z^2}dz$$
$$-\frac{1}{4x^2}(U\cos x - V\sin x) - \frac{W\cos x + Z\sin x}{4x^3} + \frac{1}{x^4}(\quad) + \ldots.$$

L'intégrale qui figure au second membre est de la forme $\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos qz}{q^2z^2}dz$. Elle s'exprime au moyen d'une série entière en q dont il y a lieu de faire usage tant que ce paramètre n'a pas une valeur trop élevée, savoir

$$\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos qz}{q^2z^2}dz = 2\sum_{p=0}^{p=\infty}\frac{(-1)^p}{2p+1}\,\frac{q^{2p}}{1.2\ldots(2p+2)}.$$

Lorsque q est un peu élevé, il y a avantage, au point de vue numérique, à faire usage du développement semi-convergent suivant, dans lequel p est un entier positif quelconque :

$$\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos qz}{q^1z^2}dz = \frac{\pi}{q} - \frac{2}{q^2} + \frac{2\cos q}{q^2}\left[\frac{1.2}{q^2} + \ldots + (-1)^{p+1}\frac{1.2\ldots 2p}{q^{2p}}\right]$$
$$-\frac{2\sin q}{q^2}\left[\frac{1}{q} - \frac{1.2.3}{q^3} + \ldots + (-1)^p\frac{1.2\ldots(2p+1)}{q^{2p+1}}\right].$$

Il y a avantage à prendre pour p l'entier contenu dans $\frac{q}{2} - 1$. L'erreur relative est inférieure à $\frac{1.2\ldots(2p+2)}{q^{2p+2}}$.

Lorsque $\alpha > 1$ l'expression de L change de nature, on a alors

$$\frac{L}{32n^2\sqrt{2\pi m}} = -\frac{\sqrt{\pi}\left(1+\frac{x}{2m}\right)}{4\frac{n^2}{m}\left[x\left(2+\frac{x}{2m}\right)\right]^{\frac{3}{2}}}\left[E^{\sqrt{2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}} + E^{-\sqrt{2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}} - 2\right]$$
$$-\frac{1}{4x^2}(U\cos x - V\sin x) - \frac{1}{4x^3}(W\cos x + Z\sin x) + \frac{1}{x^4}(\quad) + \ldots$$

Enfin, lorsque α est très voisin de 1, x a une valeur peu élevée; les for-

mules ci-dessus ne conviennent plus. Il faut leur substituer la suivante :

$$\frac{L}{32\,n^2\sqrt{2\pi m}} = \sum_{s=0}^{s=\infty} \frac{x^s}{\Gamma(s+1)} \left[S_s + \frac{1}{16m} T_s + \frac{1}{m^2}(\quad) + \ldots \right].$$

Cette formule est d'ailleurs valable, en principe, même pour x élevé en valeur absolue; mais les calculs se compliquent de plus en plus à mesure que x s'éloigne davantage de zéro. Il convient donc pratiquement de cesser d'en faire emploi dès que x est assez élevé, en valeur absolue, pour que les premières expressions de K fournissent des résultats de précision équivalente à ceux auxquels conduit la formule considérée.

Les séries S_s, T_s, U, V, W, Z, figurant dans la dernière expression de L, peuvent être sommées sans trop de peine tant que $\frac{n^2}{m}$ a une valeur modérée. Les calculs numériques deviennent rapidement impraticables dès que $\frac{n^2}{m}$ dépasse de quelques unités le nombre 15.

On doit donc considérer les diverses formules exprimant L, données ci-dessus, comme ne s'appliquant plus pratiquement lorsque $\frac{n^2}{m}$ dépasse cette valeur.

Il faut alors recourir à d'autres moyens pour évaluer cette intégrale.

GÉOLOGIE. — *A propos de la protogine du mont Blanc.* Note de M. H. Douvillé.

L'étroite vallée de Chamonix correspond à un synclinal de terrains secondaires, resserré entre deux chaînes cristallines, celle des Aiguilles rouges et celle du mont Blanc. Malgré leur proximité, ces deux chaînes présentent dans leur composition des différences assez notables : la première présente un développement complet des terrains cristallophylliens, schistes micacés, micaschistes, gneiss granulitiques, gneiss glanduleux, gneiss granitiques, avec au Nord le lambeau de granite de Vallorcine. La série est beaucoup moins complète dans la chaîne du mont Blanc où généralement les gneiss granulitiques recouvrent directement la grande masse de la protogine. Il m'a paru intéressant de rechercher à quoi correspond cette différence, et pour cela il faut se reporter au mode de formation des gneiss.

On admet généralement que les gneiss ne sont que des schistes métamorphisés. Michel Lévy, dans son étude sur les schistes de Saint-Léon (Allier),

distingue deux sortes de métamorphismes : dans le premier, les éléments de la roche sont remis en mouvement et cristallisent, mais sans apport d'éléments étrangers; c'est ce qu'on pourrait appeler le *métamorphisme normal,* caractérisé par le développement du mica (et on pourrait ajouter de l'andalousite). Le second se développe dans le voisinage du granite dont les éléments, et le feldspath en particulier, sont injectés dans la roche qui rappelle ainsi les gneiss par l'ensemble de ses caractères. Plus tard l'auteur a étendu ce mode de formation, par injection entre les strates d'une roche granulitique, à la plus grande partie des gneiss, tout en reconnaissant que, dans certains cas, le feldspath s'est bien développé *in situ.*

En 1901, Termier fait faire un grand pas à la question en montrant que la gneissification du terrain fondamental était antérieure à la mise en place des massifs granitiques, antérieure elle-même au Stéphanien. Pour transformer les schistes en gneiss, il était nécessaire d'amener des alcalis et même en assez forte proportion (6 à 7 pour 100); l'auteur imagine pour cela des colonnes de vapeurs prenant leur origine dans la profondeur et filtrant au travers des schistes : « tout autour de ces colonnes, dit-il [1], le métamorphisme s'étalait, vaste tache d'huile, dans le plan des couches et de façon très inégale suivant la perméabilité ». Ce métamorphisme qu'on pourrait appeler *par imprégnation*, se serait développé dans les zones profondes des géosynclinaux : « il aurait consisté essentiellement dans un échauffement résultant de la condition géosynclinale et un apport d'alcalis et de magnésie probablement à l'état de borates ou de silicoborates. » Termier va plus loin et il ajoute : « là où sous cette double influence les terrains sédimentaires sont entrés en fusion, il s'est formé un amas liquide relativement homogène qui, par refroidissement, a donné une roche plus ou moins massive semblable au granite [2] ».

Cette théorie est tout à fait remarquable et séduisante, mais il me semble difficile de l'accepter intégralement au moins pour les gneiss de la première série cristallophyllienne, antérieure au terrain houiller. J'ai pu les étudier en détail, il y a longtemps déjà, pendant mon séjour dans le Limousin. J'ai été frappé à cette époque de la grande régularité de leur stratification,

---

(1) TERMIER, *Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 964).

(2) TERMIER, *Supplément à la notice sur les travaux scientifiques et résumé général*, 1908; *Sur la genèse des terrains cristallophylliens* (*Congrès géologique international*. 1910).

certains bancs pouvaient être suivis sur de grandes distances, sans présenter de modifications notables dans leur composition, et il aurait été possible d'en tracer les affleurements comme on le fait pour les terrains fossilifères. On distinguait à la partie inférieure, des couches à feldspaths largement cristallisés, gneiss granitiques et gneiss glanduleux, puis des couches de texture plus fine, gneiss granulitiques, riches en feldspaths à la base, devenant ensuite de plus en plus quartzeux et passant aux micaschistes, puis aux schistes micacés. J'ai retrouvé ensuite la même succession dans les Vosges et aux environs de Chamonix. Il semble difficile de faire concorder cette régularité et cette uniformité de structure dans ces différentes régions, avec l'action des colonnes filtrantes se propageant à la manière d'une tache d'huile, dans des terrains schisteux, en somme peu perméables.

En outre, est-on en droit d'admettre, comme on le fait implicitement, que dans ces périodes de plus en plus anciennes les conditions de dépôt ont été les mêmes qu'aujourd'hui? Il semble bien, lorsqu'on remonte dans la suite des temps, que la température a dû s'élever de plus en plus, d'où augmentation de la quantité d'eau à l'état de vapeur dans l'atmosphère, et par suite augmentation de la pression atmosphérique. On se rapproche ainsi progressivement des conditions de la période cosmique où l'atmosphère contenait tous les éléments de l'eau, mais aussi, par analogie avec ce que nous savons de la constitution du Soleil, les métaux alcalins et le calcium ([1]). Les progrès du refroidissement ont amené la précipitation des sels alcalins *à la surface* de la croûte solidifiée, puis celle de l'eau (vers 364° sous une pression de 300 atmosphères environ), donnant naissance aux mers primitives, moins abondantes et par suite bien plus chargées de sels alcalins qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Dans ces conditions, on comprend facilement que leur action sur la croûte silicatée, résultant de l'oxydation du fer impur du noyau, ait pu donner naissance aux feldspaths et aux micas. Une partie des alcalis s'est trouvée ainsi fixée dans la croûte même, mais il en est resté encore aujourd'hui dans les mers un excédent notable, qui réparti sur toute la surface du globe constituerait une couche de plus de 40^{m} d'épaisseur. Surtout il ne faut pas perdre de vue que cette réserve était à la surface et non dans la profondeur.

Il ne semble donc pas possible de faire venir de cette profondeur les

---

([1]) H. Douvillé, *Les premières époques géologiques* (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 221).

colonnes filtrantes de vapeurs alcalines nécessaires pour gneissifier les schistes. Il serait bien plus simple de revenir à l'ancienne hypothèse dans laquelle les gneiss représentaient la croûte primitive elle-même. On comprendrait alors facilement que les feldspaths aient pu d'abord cristalliser largement dans des eaux très alcalines et très chaudes, c'est l'époque des gneiss granitiques et des gneiss glanduleux, puis plus finement quand la température s'abaissait (gneiss granulitiques) et enfin cesser de se former à l'époque des micaschistes.

Ces considérations ne s'appliquent bien entendu qu'à la série critallophyllienne primitive. Les couches ainsi formées n'ont pas échappé aux actions de métamorphisme : Termier nous a montré comment dans les synclinaux les gneiss ramollis et fondus sont devenus de véritables granites. Si la fusion s'est bornée aux gneiss inférieurs, granitoïdes, elle a produit les granites ordinaires; mais dans les synclinaux plus profonds elle a pu atteindre les gneiss granulitiques et même les micaschistes; dans ce cas le granite sera plus ou moins chargé d'éléments granulitiques, c'est précisément ce caractère, qui d'après les recherches de Duparc, distingue la protogine du granite ordinaire. On sait du reste combien sont fréquents dans la protogine les fragments de toutes dimensions et plus ou moins digérés, de gneiss et surtout de micaschistes. Nous sommes ainsi amenés à considérer la protogine du mont Blanc comme correspondant à un synclinal primitif plus profond que celui du granite de Valloreine et de la chaîne des Aiguilles rouges.

Cette conclusion semble, à première vue, s'accorder difficilement avec la proximité actuelle des deux chaînes, et la question demande à être examinée de plus près.

Il est facile de voir d'abord que ces chaînes ne sont pas du même âge. Dans les Aiguilles rouges, Lugeon (1) signale un premier mouvement avant le Stéphanien, mais le plissement le plus important est poststéphanien; cette chaîne paléozoïque a été arasée à la fin de cette période, et sur cette pénéplaine se sont déposés le Trias et la succession des couches secondaires qui, aujourd'hui, se poursuivent régulièrement depuis les Aiguilles rouges et le Buet, jusqu'aux escarpements des Fiz.

La chaîne du mont Blanc se présente dans des conditions bien différentes, les couches cristallophylliennes sont nettement déversées sur le synclinal des terrains secondaires qui constituent la vallée de Chamonix. Ce synclinal est lui-même couché vers l'Ouest, et ses couches inférieures, Trias

(1) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 842 et 984.

et Lias, présentent, comme l'a très bien fait remarquer Michel Lévy [1], exactement la même inclinaison que les couches supérieures du cristallophyllien qui les recouvre. Il faut en conclure que celles-ci étaient à peu près horizontales au début des temps secondaires, et que par suite, au moins dans la région de Chamonix, la chaîne n'était pas encore formée à cette époque; il faut ajouter que le Lias est représenté là par des calcaires marneux à Bélemnites, c'est-à-dire par des dépôts d'une mer relativement profonde et sans aucune indication de la proximité d'un rivage. La chaîne n'a donc pris son relief qu'après les temps secondaires; elle a été soulevée, puis, suivant l'expression pittoresque de Lugeon, « culbutée par les mouvements alpins tertiaires », et notre confrère ajoute qu'elle a donné naissance alors à des nappes helvétiques.

Le synclinal de Chamonix peut nous donner quelques indications sur les mouvements qui se sont produits à cette époque; ses deux branches présentent des différences notables : à l'Est le Trias, avec ses gypses blancs saccharoïdes, et le Lias, avec ses calcaires plus ou moins marneux, ont leur faciès habituel à peine modifié, comme on peut le voir à l'est du Lavancher et au-dessous du glacier de Taconnaz; elles semblent bien être encore dans leur position originaire, par rapport aux couches anciennes. A l'Ouest, au contraire, au nord du Praz-d'en-haut, par exemple, les calcaires du Lias et du Bajocien sont entièrement broyés. C'est l'indice d'un contact anormal et très probablement d'un charriage; Lugeon était arrivé à la même conclusion, « le massif du mont Blanc, dit-il, a été poussé de quelques kilomètres vers l'extérieur alpin. » Sa couverture secondaire n'a-t-elle pas été entraînée plus loin, jusqu'aux lambeaux des Annes et de Sulens?

On voit combien sont profondes les dissemblances des deux chaînes, bien plus profondes qu'on n'aurait pu le croire au premier abord.

Je me résume :

1° Les gneiss de la série ancienne représentent les plus anciens sédiments de l'écorce terrestre.

2° Les granites résultent de la fusion des gneiss, par suite de leur enfoncement dans les synclinaux (Termier).

3° Quand cette fusion atteint les gneiss granulitiques et les micaschistes, le granite se charge d'éléments granulitiques et passe à la protogine.

4° La chaîne des Aiguilles rouges était formée et a été arasée à la fin des temps paléozoïques.

---

(1) *Bull. Carte géol.*, 1892, n° 27.

5° La chaîne du mont Blanc n'a pris son relief actuel qu'à l'époque des grands mouvements alpins; à cette époque elle a été plissée et déversée vers l'Ouest, et en même temps déplacée et charriée dans cette direction.

OPTIQUE. — *Sur une solution de la photométrie hétérochrome permettant une mesure physique de l'intensité lumineuse.* Note [1] de M. A. BLONDEL [2].

Depuis quelques années, plusieurs auteurs ont cherché des méthodes permettant de réaliser avec certitude la photométrie des sources de couleurs différentes; certaines de ces méthodes proposées reposent sur la réduction de la mesure d'intensité lumineuse à une mesure radiométrique faite en faisant agir sur un bolomètre, ou sur un thermo-élément, ou sur une pile photo-électrique l'ensemble des radiations de la source, chacune affaiblie proportionnellement au coefficient de sensibilité de l'œil pour cette radiation; l'instrument physique employé joue alors le même rôle que l'œil.

On a proposé, pour réaliser ce résultat, soit de filtrer la lumière à travers des solutions ayant des pouvoirs absorbants convenables [3], ce qui présente une grande difficulté de réalisation exacte, soit de décomposer spectralement la lumière, puis d'appliquer à chaque radiation l'affaiblissement convenable. Mais les dispositifs proposés ne donnent pas une lumière suffisante et c'est ainsi que E. et R. Poli [4] ont été conduits récemment à déclarer qu'une photométrie objective pratique est impossible.

Je me propose dans ce qui suit d'indiquer une autre méthode spectrophotométrique qui permet d'obtenir plus facilement la mesure de l'intensité visible d'une source lumineuse au moyen d'un bolomètre ou d'un thermo-élément, ce qui exige, comme on le sait, une énergie lumineuse notable. Pour obtenir cette énergie, je n'utilise pas le spectroscope à la manière ordinaire, mais à la manière inverse.

Supposons que l'on prenne un spectroscope d'un type quelconque (on

---

(1) Séance du 3 novembre 1919.

(2) Note contenue dans un pli cacheté reçu dans la séance du 11 mai 1914 et inscrit sous le numéro 8166, ouvert par l'Académie dans la séance du 3 novembre 1919.

(3) NUTTING, *Electrical World;* HOUSTOUN, *Phys. Z. S.*, t. 5, 1911, p. 800); VOEGÉ, *Vortrag gehalten in der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Berlin*, 28 *Marz* 1914.

(4) E. et R. POLI, *Ann. d. Physik*, Bd 41, 1913, p. 812.

verra plus loin qu'il y a lieu de préférer le plus simple possible), et qu'on éclaire la fente par un écran éclairé par la source à étudier; la fente donnera sur le verre dépoli ou sur la glace photographique de la chambre noire un spectre complet, dont la dispersion en ses différents points dépend des propriétés du système réfracteur. Inversons le dispositif et plaçons maintenant sur la glace dépolie un diaphragme découpé suivant les courbes des coefficients de visibilité des radiations (corrigées comme on le verra plus loin pour tenir compte de la dispersion).

Si l'on éclaire le verre dépoli par la source à étudier et qu'on place devant la fente, qui servait tout à l'heure de source de lumière, un bolomètre ou un thermo-élément, cet appareil recevra des radiations provenant de toute la surface du verre dépoli et chacune d'elles sera affaiblie précisément suivant la sensibilité de la couleur qu'elle produit; on peut s'en rendre compte en considérant la surface du verre dépoli comme formée d'une série de petits éléments verticaux de largeur très petite, juxtaposés; chacun de ces éléments, en vertu de la loi du retour inverse des rayons, donne sur la fente une image de la couleur qui a été repérée sur le spectre obtenu dans la première opération. Si l'on enlevait le diaphragme qui porte la fente, on verrait dans le plan de celle-ci une série d'images de l'écran découpé présentant toutes les couleurs successives du spectre et toutes décalées les unes par rapport aux autres, de façon que la fente isole sur chacune de ces images une hauteur proportionnelle au coefficient de sensibilité de l'œil pour la radiation de cette couleur.

On voit qu'on peut de cette manière concentrer sur le thermo-élément l'énergie lumineuse provenant de toute la surface de l'écran découpé et qui est beaucoup plus considérable que celle qui proviendrait d'une fente unique; grâce à cette circonstance et à l'emploi d'un galvanomètre extra-sensible, cette méthode spectroscopique permet de faire sur les sources usuelles des mesures galvanométriques avec une convenable précision.

Le dispositif est d'ailleurs extrêmement simple puisqu'il résulte de l'inversion d'un spectrographe; on va voir qu'il se prête avec une égale facilité à toutes les corrections nécessaires, qui sont les suivantes :

1° *Correction de dispersion.* — Si l'on emploie un spectrographe à prisme, le spectre projeté sur le verre dépoli a des abscisses dilatées inégalement par rapport au spectre normal; on peut aisément déterminer la loi de variation de la dispersion en photographiant un spectre de ligne ou spectre solaire et le comparant au spectre normal; on peut tracer ainsi d'une manière sûre

la courbe de dispersion ayant pour abscisses les abscisses x de la photographie et pour ordonnées les longueurs d'onde l correspondantes. La tangente à cette courbe en un point quelconque indique par son coefficient angulaire $\left(\text{tangente } a = \frac{dl}{dx}\right)$ l'inverse du coefficient de dilatation du spectre obtenu; il suffit de multiplier par ce coefficient l'ordonnée correspondante de la courbe de sensibilité pour lui donner la hauteur exacte qu'elle doit avoir sur l'écran découpé.

Comme courbes de sensibilité, on peut employer soit les courbes de Kœnig [1], soit celles plus récentes de Herbert et Ives [2]. D'après ces auteurs [3], les courbes de visibilité en fonction de la longueur d'onde varient avec l'intensité absolue de l'éclairement; avec une ouverture de pupille ordinaire de 10^{mm^2}, les faibles éclairements sont ceux qui sont inférieurs à 0,1 lux et les forts éclairements sont ceux qui sont supérieurs à 4 lux.

On commence par transformer ces courbes en les reportant point par point sur l'échelle des abscisses x du spectre enregistré au spectrographe, c'est-à-dire qu'on multiplie les abscisses par $\frac{x - x_0}{l - l_0}$ en prenant par exemple $x_0 = l_0 = 0,4^{\mu}$, puis on multiplie les ordonnées par la fonction $\frac{dl}{dx}$ définie plus haut.

On découpera deux écrans noirs suivant les deux courbes ainsi obtenues et l'on mettra l'un ou l'autre à volonté dans le spectrographe, suivant qu'on veut mesurer l'effet de la lumière étudiée pour les éclairements forts ou pour les éclairements faibles.

2° On pourra corriger encore ces courbes pour tenir compte d'effets secondaires, tels que l'absorption inégale des différents rayons par le verre des prismes et la variation de la perte par réflexion au passage des faces des prismes en fonction de la longueur d'onde. Cette seconde correction est en général peu importante; quant à la première, on peut la calculer d'après les courbes d'absorption du verre employé, mais comme l'épaisseur traversée n'est pas la même pour tous les rayons du même faisceau parallèle, on doit calculer l'épaisseur moyenne du prisme suivant les rayons.

---

(1) Voir Arthur Kœnig, *Gesammelte Abhandlungen zur physiologischen Optik*, p. 144-214.

(2) Herbert et Ives, *Electrical World*, t. 57, 1911, p. 1555-1568. — Voir aussi Thovert, *Journal de Physique*.

(3) Si l'on veut se placer au point de vue de l'acuité visuelle et non de la sensation lumineuse, il faudrait remplacer ces courbes par celles de Langley, pour faible éclairement (cf. *Recueil des Constantes de la Société de Physique*).

Mieux vaut éliminer cette correction en employant des verres convenables, notamment des verres lourds à la baryte, ne présentant pas la coloration jaune des flints ordinaires.

On voit, à ce point de vue, tout l'intérêt qu'il y a à employer un spectroscope à un seul prisme, de façon à réduire les causes d'erreurs et à en rendre le calcul facile. Il faut également éliminer toute lumière diffuse dans l'appareil au moyen d'écrans noirs, percés de trous, placés dans les tubes qui peuvent être également recouverts intérieurement de velours noir.

Toutes ces précautions sont nécessaires si l'on veut que la méthode soit précise. Pour éviter toute erreur résultant de l'obliquité des rayons émis par l'écran lumineux, il est bon de le faire non pas en verre dépoli (qui ne donne qu'une apparence de diffusion), mais en verre d'albatrine [1] mince, parfaitement blanc et dont l'indicatrice de diffusion est sensiblement sphérique.

Pour augmenter la sensibilité, il y a intérêt à ce que l'écran découpé soit le plus petit possible, de facon qu'on puisse en rapprocher le plus possible la source de lumière sans qu'il y ait à craindre d'erreur provenant de l'obliquité des rayons tombant de la source sur le diffuseur; ce dernier reste toujours indispensable pour rendre uniforme l'éclat de la surface limitée par l'écran découpé. On peut diminuer les dimensions de ce dernier en employant entre lui et le prisme une lentille de plus court foyer que celle qui a servi à l'étude spectrographique préliminaire; il suffit de réduire proportionnellement à la longueur focale les dimensions de la fenêtre découpée dans l'écran noir et de tailler soigneusement en biseau les bords de cette fenêtre; on peut ainsi ramener ces dimensions à environ 1^{cm} de largeur.

Une autre manière d'augmenter la sensibilité est de doubler l'ouverture en traçant au-dessous de l'axe des abscisses une courbe symétrique de la première. Le thermo-élément ou le fil du bolomètre doit avoir une hauteur totale au moins égale à la distance entre les bords supérieurs et inférieurs de l'image de l'ouverture découpée projetée dans le plan de fente d'observation.

Cet appareil peut être étalonné en valeur absolue, en le tarant sur l'éclairement produit par une source connue à une distance connue; il peut servir encore plus facilement d'appareil de comparaison en le plaçant près d'un banc photométrique portant deux sources de lumière entre lesquelles on

---

(1) Voir A. Blondel, *Recueil des Constantes physiques*.

dispose un miroir pouvant tourner autour d'un axe vertical et prendre deux positions à 45° permettant de renvoyer alternativement les rayons de chaque source de lumière SS′ sur l'écran diffusant E de l'appareil. On fait ainsi deux lectures successives de l'énergie reçue par l'instrument radiométrique et le rapport de ces deux lectures donne le rapport des éclairements.

Remarques additionnelles présentées le 3 *Novembre* 1919. — La Communication qui précède, du 9 mai 1914, résumait une étude que la déclaration de guerre a interrompue et qui n'a pu être reprise qu'en 1916. Dans l'intervalle, des recherches analogues ont été exécutées et publiées à l'étranger, notamment par M. Herbert-F. Ives [1] avec une disposition inverse de la mienne; mais cet auteur a réalisé seulement un *nitomètre*, mesurant l'éclat intrinsèque d'une source de lumière, faute d'une sensibilité suffisante pour la photométrie proprement dite, et c'est pourquoi sans doute il est revenu à l'emploi des solutions absorbantes [2].

Après avoir essayé d'abord une pile linéaire de Rubens, j'ai employé avec plus de satisfaction pour ces expériences une pile courante linéaire que M. Coblentz a bien voulu construire pour moi. Cette pile, de 18 éléments argent-bismuth, a une surface utile de $1{,}8 \times 16^{\text{mm}}$, hauteur notablement supérieure à celle (12^{mm}) de l'image de l'ouverture (hauteur maxima de la découpure 24^{mm}); elle est protégée par un verre opaque aux rayons de plus de $0^{\mu},4$ de longueur d'onde; la résistance intérieure est de 2 ou 8 ohms suivant que les éléments sont groupés en série parallèle ou en série; le galvanomètre (galvanomètre Broca) employé avec cette pile avait deux bobines de 1,1 ohm donnant, quand elles sont en parallèle, à la fréquence de 5 secondes, une sensibilité d'environ 160^{mm} par microampère ou de 147^{mm} par microvolt. A titre d'exemple, je dirai qu'une lampe à filament de carbone de 50 bougies au régime de 3,5 watts par bougie placée à une distance de 30^{cm} de l'écran opalin donnait une déviation de l'ordre de 10^{mm}. J'avais cru pouvoir augmenter cette sensibilité par la construction d'un galvanomètre plus sensible, mais ce dernier avait une résistance intérieure trop forte. J'ai entrepris depuis 1916, avec

---

(1) Herbert-F. Ives, *A precision Eye* (*The Physical Review*, nouvelle série, vol. 6, n° 5, novembre 1915).

(2) Herbert-F. Ives and F.-F. Kingsbury, *Physical Photometry with a thermopile artificial eye* (*The Physical Review*, nouvelle série, vol. 6, n° 5, novembre 1915). — Voir aussi Fabry, *A practical solution of the Problem of Heterochromatic Photometry* (*Trans. I. F. S.*, juin 1913, p. 302).

la collaboration de M. Touly [1], qui m'avait assisté dans les expériences, la recherche d'un autre moyen d'amplification de la sensibilité des mesures thermo-électriques. Nous avons décrit, dans une récente Communication, un amplificateur thermo-ionique réalisant, grâce à la régénération, avec une stabilité suffisante, une amplification de 300 à 400 avec deux lampes. Sa sensibilité est assez élevée pour qu'on en puisse faire l'application à cet intégrateur photométrique.

En effet, si l'on compare une pile thermo-électrique à éléments en série de 10 ohms de résistance à une lampe à 3 électrodes de 20000 ohms, par exemple, de résistance entre filament et plaque, et si l'on emploie dans chaque cas un galvanomètre de résistance égale à celle de l'appareil (et qui est la condition de sensibilité maxima du galvanomètre de volume donné), on voit que la sensibilité sera réduite dans le rapport $\frac{1}{\sqrt{1000}} = \frac{1}{33}$ environ; notre rapport d'amplification de 400 donnera à l'intégrateur photométrique une sensibilité $\frac{400}{33} = 11,1$ fois ou pratiquement 10 fois plus forte. Nous étudions d'ailleurs l'addition d'un premier échelon d'amplification formé d'un amplificateur semblable avec un coefficient 100 à 250 qui permettra d'obtenir un coefficient d'amplification total de la force électromotrice thermo électrique d'au moins 1000; l'intégrateur réalisera alors un photomètre assez sensible pour comparer avec précision des éclairements hétérochromes de l'ordre de grandeur des éclairements usuels. Les résultats définitifs seront présentés ultérieurement à l'Académie.

ANATOMIE. — *La coaptation des fémurs antérieurs et de la tête chez les Phasmes.* Note de M. L. CUÉNOT.

En mécanique animale, une coaptation est l'ajustement mécanique de deux parties indépendantes, réalisant un dispositif analogue à celui que constituent un bouton-pression et son logement, ou une clé anglaise et l'écrou qu'elle enserre, etc. Les coaptations sont extrêmement nombreuses

---

(1) A. BLONDEL et TOULY, *Nouveaux amplificateurs photométriques universels* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 557).

La difficulté à résoudre était d'obtenir à la fois : 1° une grande sensibilité par la régénération; 2° une suffisante stabilité; 3° la proportionnalité du courant aux forces électromotrices à amplifier.

dans le règne animal; je ne m'occuperai ici que de l'une d'elles, la coaptation des pattes antérieures des Phasmes par rapport à la tête; c'est un insignifiant détail de structure, à ce qu'il semble, mais il pose le problème peut-être le plus difficile de la Biologie.

Chez un très grand nombre de Phasmides, les fémurs antérieurs présentent dans leur région proximale une partie amincie et courbée, la concavité étant du côté de la tête; dans la pose de repos diurne, lorsque les pattes antérieures s'étendent en avant et s'accolent dans le prolongement du corps, en formant à elles deux une mince gouttière rigide dans laquelle se logent les antennes rapprochées, les courbures fémorales moulent exactement la tête, en dessous des yeux, en laissant ceux-ci à découvert. Les deux autres paires de pattes ne présentent rien de semblable.

La morphologie comparée nous apprend que le dispositif coaptatif n'a rien à voir avec la protection d'antennes fragiles, car il existe aussi bien chez des espèces à antennes très courtes (*Bacillus*) que chez celles à longues antennes sétacées; on le retrouve, mais sous une forme un peu différente, chez les Phyllies, dont les fémurs antérieurs, élargis en feuilles, ont un contour interne qui correspond à celui de la tête, bien que les pattes ne puissent se rejoindre en avant. Le dispositif manque ou est à peine indiqué chez quelques espèces (notamment les *Promachus* épineux, à longues antennes, et quelques formes trapues).

Le dispositif coaptatif est parfait dès la naissance, lorsque le petit Phasme sort de l'œuf; souvent, on le voit, à peine éclos, étendre en avant ses pattes antérieures qui s'appliquent rigoureusement contre la tête. Or, il est extrêmement remarquable, comme l'a déjà vu Stockard [1], que ce caractère ne peut pas être préparé *mécaniquement* chez l'embryon; en effet, chez celui-ci, comprimé dans sa coque, les trois paires de pattes sont fortement repliées sur elles-mêmes, rabattues sous le ventre, et il n'y a *aucun* contact entre la tête et les fémurs antérieurs, donc aucune possibilité d'un moulage de ceux-ci sur celle-là.

Comment ce caractère a-t-il pu s'édifier dans sa perfection actuelle? Il est certain que le fait d'accoler les pattes antérieures en prolongement du corps contribue à donner aux Phasmes l'aspect de tige, si caractéristique de ces Insectes, aspect qui est communément regardé comme ayant une valeur protectrice; je crois en effet que leur ressemblance remarquable de

---

(1) Stockard, *Inheritance in the walking-stick, Aplopus Mayeri* (*Biol. Bull.*, t. 16, 1909, p. 239).

couleur et de forme avec leur support habituel (par exemple *Bacillus gallicus* Charp. sur les touffes de Genêt, comme à Arcachon), jointe à leur immobilité diurne, peuvent les dissimuler aux yeux des prédateurs tels que les Oiseaux et les Mantes qui chassent à la vue, et contribuent à sauver au moins quelques individus qui perpétuent l'espèce. L'expérience suivante paraît le prouver : Foucher a placé dans les lierres d'un jardin un grand nombre de *Carausius morosus* Brun. qui ressemblent beaucoup aux tiges de cette plante; les Merles et les Moineaux, bien que ne connaissant pas ces Insectes exotiques (indiens), pas plus d'ailleurs qu'aucun Phasmide, n'ont pas tardé à les découvrir et à les manger; néanmoins, les *Carausius* ont persisté plusieurs mois sur ce Lierre; s'ils avaient été plus visibles, ils auraient sans doute été détruits jusqu'au dernier en quelques heures.

Mais même si l'accolement des pattes antérieures, qui ne peut se produire que si leur base contourne la tête, est un détail qui a quelque utilité au point de vue défensif, il est évident qu'il n'a cette valeur qu'à l'état actuel de perfection, et qu'on ne peut concevoir un processus de variation lente, suivie de sélection favorisant des individus dont les pattes, par variation fortuite, avaient la possibilité de se rapprocher un peu de la ligne médiane. C'est du reste l'argument que l'on a opposé avec raison à Darwin au sujet du rôle constructeur de la sélection naturelle, pour les organes dont l'utilité n'est admissible que dans un état parfait (comme les organes électriques des Poissons). Les stades de début ne peuvent avoir aucune utilité et par conséquent ne donnent pas prise à la sélection.

Il n'y a pas à songer non plus à une mutation de hasard ayant produit d'un seul coup le dispositif coaptatif, suivie d'une sélection qui aurait favorisé les mutants, mieux protégés que les Phasmes non modifiés. C'est tout à fait invraisemblable, d'abord en raison de la perfection mécanique du dispositif; ensuite, si les Phasmes pouvaient vivre et persister avant l'apparition de la mutation, c'est que celle-ci n'était pas indispensable; elle ne pouvait donc pas constituer un avantage tel que les Phasmes non modifiés disparussent fatalement devant les autres.

A leur tour, les lamarckistes diront que les Phasmes, éprouvant le besoin d'accoler les pattes en avant, ont fait des efforts tels que les fémurs antérieurs, relativement malléables, se sont courbés en pressant contre la tête; après un certain nombre de générations, la courbure s'est fixée dans l'ontogenèse, si bien qu'elle apparaît maintenant chez l'embryon, *sans rapport aucun* avec la cause mécanique qui a provoqué son développement chez les Phasmes éclos.

Le fait que le dispositif existe dès la naissance est une présomption qu'il se prépare chez l'embryon, en dépit de la position des pattes chez ce dernier; *s'il en était ainsi*, ce serait une preuve bien forte, la plus forte que je connaisse, en faveur de l'hérédité des caractères acquis par l'usage, et bien que le processus par lequel de tels effets mécaniques deviendraient héréditaires reste inconcevable, on serait bien forcé de s'incliner et d'accepter la théorie lamarckiste dans toute son étendue.

En réalité, chez le seul Phasme que j'ai pu étudier (*Carausius morosus*), il ne semble pas que la courbure fémorale existe chez l'embryon, examiné peu de temps avant l'éclosion; il faut donc qu'elle se forme durant l'éclosion elle-même. Au début de celle-ci, le corps, courbé en arc, fait saillie en dehors de la coque, où restent engagées les antennes, les pattes et les deux extrémités du corps de l'animal; puis la région céphalique se dégage en entraînant les antennes. A ce moment, la tête, en dessous des yeux, est coincée entre les fémurs antérieurs, qui paraissent s'appliquer très fortement sur elle; il est probable que c'est à ce moment que se fait le moulage des fémurs, alors extrêmement mous, sur la tête plus résistante.

Si les choses se passent bien ainsi, *la courbure est acquise mécaniquement par chaque individu, et n'a pas de représentation germinale*, ce qui est une preuve très forte contre le lamarckisme. Son apparition est due à un accident mécanique fortuit, indépendant de toute question d'utilité ou d'usage; l'animal en tire parti pour prendre pendant le jour une attitude particulière, qui peut lui être commode pour le repos ou avantageuse au point de vue de la ressemblance protectrice; mais c'est le dispositif coaptatif qui a déterminé l'attitude et non point celle-ci qui a provoqué l'apparition du dispositif.

M. le Secrétaire perpétuel informe l'Académie que quelques exemplaires des statuts et projets de statuts étudiés à la Conférence de Bruxelles sont à la disposition des membres de l'Académie qui désireraient les consulter.

M. Baillaud adresse un rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée, en 1916, à l'Observatoire de Paris, sur la fondation Loutreuil.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation d'un de ses Membres qui sera présenté au choix de l'Institut pour faire partie du *Conseil supérieur de l'Instruction publique*.

M. **Émile Picard** réunit la majorité absolue des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de deux Membres de la *Commission supérieure des maladies professionnelles*.

MM. **A. Laveran** et **Quénu** réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

M. **G. Kœnigs** est adjoint à la délégation de l'Académie aux fêtes de réinstallation de l'Université de Strasbourg.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la chaire d'*Organographie et Physiologie végétales*, déclarée vacante au Muséum d'Histoire naturelle par arrêté du 31 juillet 1919.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 46,

M. Costantin obtient . . . . 46 suffrages

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 44,

M. Viguier obtient . . . . 41 suffrages

Il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. **Costantin**
En seconde ligne. . . . . M. **Viguier**

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Robin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Académiciens libres, par le décès de M. *Landouzy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les gîtes minéraux*, par M. Stanislas Meunier.

2° *Manuel de Chimie analytique*, par F.-P. Treadwell et Marcel Boll. Tome II : *Analyse quantitative*. (Présenté par M. A. Haller.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de translation et surfaces minima dans les espaces courbes*. Note de M. **E. Bompiani**.

1. La notion de parallélisme, introduite par M. T. Levi-Civita [1], dans les espaces courbes définis par le carré de l'élément linéaire

$$ds^2 = \sum_{ik}^{n} {}_{1}\, a_{ik}(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_i dx_k, \tag{1}$$

permet d'étendre à un espace quelconque la notion et les propriétés des surfaces de translation et des surfaces minima.

Je rappelle la définition du parallélisme. Soient donnés deux éléments linéaires, caractérisés par les symboles d et δ des différentielles des x_i,

(1) *Nozione di parallelismo in una varietà qualunque, etc.* (*Circ. matemat. di Palermo*, t. 42, 1917). Voir aussi, pour la définition intrinsèque du parallélisme, le Mémoire de M. Severi : *Sulla curvatura delle superficie e varietà* (*Ibid.*).

sortant d'un même point P de l'espace V_n défini par (1). L'élément linéaire sortant de $P'(x_i + dx_i)$ dans la direction $\delta + d\delta$, l'opération $d\delta$ étant définie par les équations

$$(2) \qquad d\delta x_i = -\sum_{jl}^{n} \left\{ \begin{matrix} jl \\ i \end{matrix} \right\} dx_j \, dx_l$$

est, par définition, *parallèle* à l'élément δ sortant de P $\left[\text{on désigne par } \left\{ \begin{matrix} jl \\ i \end{matrix} \right\}\right.$ les symboles de Christoffel, relatifs à (1), de deuxième espèce$\left.\right]$.

Si l'on transporte l'élément δ tout le long d'une courbe c, sortant de P, on aura une bande élémentaire de surface. Il est tout à fait naturel de répéter la même construction pour tous les éléments d'une courbe γ, sortant de P, en transportant son élément sortant d'un de ses points Q le long de la courbe analogue à c qui passe par Q et qui forme le bord d'une bande élémentaire analogue à celle précédemment considérée. On arrive alors à une surface douée de la propriété suivante :

Il existe sur la surface un réseau de courbes telles que les éléments des courbes d'un système [quelconque, à cause de l'invertibilité des symboles d et δ en (2)] sortant des points d'une courbe de l'autre système sont entre eux parallèles au sens de M. Levi-Civita (la courbe de transport étant la dernière considérée).

On a ici la généralisation tout à fait naturelle des *surfaces de translation* aux espaces courbes à un nombre quelconque de dimensions; je conserverai la même dénomination.

Il est évident que si l'on établit sur la surface un système de coordonnées curvilignes τ_1, τ_2 dont les lignes τ_1 ($\tau_2 = \text{const.}$) et τ_2 ($\tau_1 = \text{const.}$) sont celles du réseau, on a les *équations à dérivées partielles caractéristiques des surfaces de translation dans les espaces courbes :*

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 x_i}{\partial \tau_1 \partial \tau_2} + \sum_{kl} \left\{ \begin{matrix} kl \\ i \end{matrix} \right\} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_1} \frac{\partial x_l}{\partial \tau_2} = 0.$$

2. D'après la définition même de l'opération $d\delta$, on a $d\delta s = \delta ds = 0$, c'est-à-dire que les longueurs des arcs des lignes τ_1 (ou τ_2) compris entre deux lignes τ_2 (ou τ_1) sont égales; on le voit aussi géométriquement, parce que, pour un des deux systèmes de lignes, la propriété résulte de la définition et pour l'autre de l'invertibilité des symboles d et δ.

3. La génération des surfaces minima donnée par Lie s'étend aux surfaces minima dans un espace quelconque. En effet :

Les surfaces minima dans un espace quelconque, défini par (1), *sont des surfaces de translation, les courbes du réseau étant les courbes de longueur nulle de la surface ; cette propriété est caractéristique des surfaces minima.*

Une condition nécessaire pour que soit nulle la variation de l'aire

$$\sigma = \int\int \sqrt{EG - F^2}\, d\tau_1 d\tau_2,$$

où

$$E = \sum a_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial \tau_1} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_1}, \qquad G = \sum a_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial \tau_2} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_2}, \qquad F = \sum a_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial \tau_1} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_2}$$

(étendue à un contour fixé), est que l'on ait

$$\frac{\partial}{\partial \tau_1} \frac{\partial \sqrt{EG - F^2}}{\partial x_i^{10}} + \frac{\partial}{\partial \tau_2} \frac{\partial \sqrt{EG - F^2}}{\partial x_i^{01}} - \frac{\partial \sqrt{EG - F^2}}{\partial x_i} = 0,$$

où l'on a posé

$$\frac{\partial x_i}{\partial \tau_1} = x_i^{10}, \qquad \frac{\partial x_i}{\partial \tau_2} = x_i^{01},$$

et l'on posera

$$\frac{\partial^2 x_i}{\partial \tau_1 \partial \tau_2} = x_i^{11}.$$

Se rapportant aux lignes de longueur nulle de la surface

$$(E = G = 0, \quad \sqrt{EG - F^2} = F\sqrt{-1}),$$

on a

$$\frac{\partial F}{\partial x_i^{10}} = \sum_k a_{ik} x_k^{01}, \qquad \frac{\partial F}{\partial x_i^{01}} = \sum_k a_{ik} x_k^{10}, \qquad \frac{\partial F}{\partial x_i} = \sum_{lk} \frac{\partial a_{lk}}{\partial x_i} x_l^{10} x_k^{01},$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau_1} \frac{\partial F}{\partial x_i^{10}} = \sum_k a_{ik} x_k^{11} + \sum_{kl} \frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l} x_l^{10} x_k^{01}, \quad \frac{\partial}{\partial \tau_2} \frac{\partial F}{\partial x_i^{01}} = \sum_k a_{ik} x_k^{11} + \sum_{kl} \frac{\partial a_{il}}{\partial x_k} x_l^{10} x_k^{01},$$

et, par conséquent, la condition précédente s'écrit

$$2 \Sigma_k a_{ik} x_k^{11} + \Sigma_{kl} \left(\frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l} + \frac{\partial a_{il}}{\partial x_k} - \frac{\partial a_{lk}}{\partial x_i} \right) x_l^{10} x_k^{01} = 0$$

ou bien

$$\Sigma_k a_{ik} x_k^{11} + \Sigma_{kl} \begin{bmatrix} kl \\ i \end{bmatrix} x_l^{10} x_k^{01} = 0.$$

Si l'on multiplie cette équation par $a^{(i\nu)}$ (élément réciproque de $a_{i\nu}$) et

si l'on additionne les équations analogues par rapport à l'index i, on a

$$x_\nu^{11} + \Sigma_{kl} \begin{bmatrix} kl \\ \nu \end{bmatrix} x_l^{10} x_k^{01} = 0,$$

dont la coïncidence avec (3) prouve le théorème.

4. Si $n = 3$, on peut, avec Voss ([1]), définir les lignes asymptotiques de la surface (par rapport à V_3) : ce sont les lignes dont les éléments linéaires appartiennent aux lignes géodésiques de V_3 ayant un contact du second ordre avec la surface. On trouve sans difficulté que :

Les surfaces minima dans un espace quelconque à trois dimensions jouissent de la propriété caractéristique d'avoir les lignes asymptotiques orthogonales entre elles; ces lignes forment un réseau isothermique ([2]).

ASTRONOMIE. — *Retour de la comète Finlay, retrouvée par M. Schaumasse : comparée par M. Fayet avec la comète récente Sasaki.* Télégrammes communiqués par M. **B. Baillaud.**

Nous avons reçu, successivement, les deux dépêches suivantes, la première de M. Bailey, de l'Observatoire de Harvard College, la seconde de M. Fayet, directeur de l'Observatoire de Nice :

Kyoto câble que Sasaki a découvert, le 25 octobre, une comète de 9e grandeur, diffuse, précédant ψ Capricorne. Bailey.

Comète périodique Finlay retrouvée par Schaumasse à la position suivante :

9 novembre, $7^h 30^m,8$, temps moyen de Nice, asc. droite $336°45'9''$, dist. polaire $103°23'20''$, grandeur 9,0.

En admettant un retard de 9 jours dans la date du passage au périhélie des éléments Fayet, identification certaine avec l'objet découvert par Sasaki.

Fayet.

([1]) *Zur Theorie der Transformation quadratischer Differentialausdrücke und der Krümmung höherer Mannigfaltigkeiten* (*Mathem. Annalen*, Bd. **16**, 1880, § III).

([2]) Les surfaces minima dans les espaces courbes à trois dimensions ont été étudiées par M. Bianchi (*Lezioni di Geometria differenziale*, t. 2, 1903, p. 577) : la propriété qu'il en donne (d'avoir la courbure moyenne nulle) est, comme dans l'espace euclidien, équivalente à celle relative aux asymptotiques.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Temps et température de formation d'un astre.* Note de M. A. VÉRONNET, présentée par M. B. Baillaud.

L'énergie cinétique produite par la chute d'une couche sphérique d'épaisseur dr, de densité ρ, qui s'ajoute à la masse m, est

$$dE = 4\pi f \rho \, mr \, dr.$$

L'énergie calorifique rayonnée pendant le même temps dt, par la surface supposée à la température T, sera, d'après la loi de Stefan,

$$dQ = 4\pi r^2 q_1 \frac{T^4}{T_1^4} dt,$$

q_1 étant la quantité de chaleur rayonnée par cm^2 : sec à la température T_1.

La quantité de chaleur absorbée par la masse est négligeable par rapport à la chaleur totale. On peut écrire alors

$$dE = dQ, \qquad \frac{dr}{dt} = \frac{q_1}{fT_1^4} \frac{rT^4}{\rho^m}.$$

Cette formule donne la température d'équilibre de la couche de rayon r en fonction de la vitesse d'accroissement $\frac{dr}{dt}$ du rayon de l'astre et réciproquement.

Supposons d'abord la densité et la température uniformes, $T = T_1$, on obtient

$$\frac{dr}{dt} = \frac{3}{4} \frac{q_1}{\pi f} \frac{1}{\rho^2 r^2}, \qquad t = \frac{4}{9} \frac{\pi f}{q_1} \rho^2 r^3 = \frac{1}{3} f \frac{\rho^m}{q_1}.$$

La vitesse de formation serait inverse du carré du rayon, plus rapide au début et infinie au centre. C'est plutôt le contraire qui est arrivé. Supposons la vitesse d'accroissement constante, on obtient pour le temps de formation t une valeur trois fois plus grande. La température moyenne de la masse serait encore les $\frac{6}{7}$ de celle de la surface.

Supposons enfin la vitesse de formation nulle au début et proportionnelle au carré du rayon, on obtient

$$t = f \frac{\rho m_1}{q_1} \left(\frac{r_1}{r} - 1 \right), \qquad T_m = \frac{3}{4} T_1.$$

La température intérieure serait de plus proportionnelle au rayon.

Le temps serait infini, si l'on remontait jusqu'au centre. On ne peut comparer le temps de formation que pour les couches supérieures. Pour $r = \frac{1}{2} r_1$, la masse intérieure négligée serait seulement le $\frac{1}{8}$ de la masse totale, le temps de formation serait égal à celui de l'hypothèse précédente, soit trois fois celui de l'hypothèse $T = T_1$.

On voit donc que dans des cas très différents, qui semblent devoir englober la formation réelle, la température moyenne de l'astre reste sensiblement égale à la température superficielle de formation et le temps de formation reste du même ordre, si l'on néglige le début et la formation du premier dixième de la masse.

Appliquons ces résultats au Soleil.

Les sources autres que l'énergie de concentration sont négligeables (1).

On peut faire deux hypothèses limites sur sa constitution interne : 1° si la température est uniforme, *les lois des gaz réels* indiquent que la densité, égale au tiers de la densité limite du gaz à la surface du noyau, croît très rapidement à l'intérieur et la densité moyenne est sensiblement égale à la densité limite (*densité maximum*) (2); 2° si la densité est uniforme, la température croît très rapidement à partir de la surface et la température moyenne est égale à la température limite maximum, égale au plus au triple de la température superficielle du noyau, et pratiquement au double (*température maximum*) (3).

De plus, le noyau d'un astre, formé d'un mélange gazeux, reste sensiblement homogène au-dessous de l'atmosphère (4). On peut donc considérer la densité du Soleil comme uniforme, et sa température également, mais comprise entre la température superficielle et le triple de celle-ci. A la distance de la Terre, la quantité de chaleur reçue est de 2,0 à 2,5 calories par minute. La masse du Soleil est de 2×10^{33} gr. S'il s'était formé avec une température interne égale à la température superficielle et le même rayon qu'actuellement, il aurait dû mettre de 25 à 31 millions d'années pour se former. En triplant, on obtient environ 80 millions.

Donnons au Soleil une température interne voisine de 12000°, double de sa température superficielle, sa radiation et sa vitesse de formation

(1) *Comptes rendus*, t. **158**, 1914, p. 1649.

(2) *Comptes rendus*, t. **165**, 1917, p. 1035; et t. **166**, 1918, p. 109.

(3) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 398.

(4) *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 722.

auront été 16 fois plus grandes. Celle-ci n'a pas pu dépasser de 2 à 6 millions d'années. Si le Soleil avait une température interne de 18000°, sa formation aurait dû être $3^4 = 81$ fois plus rapide et inférieure à 1 million d'années.

Si nous supposons le Soleil plus chaud autrefois, il faut augmenter son rayon actuel. On peut, par exemple, supposer la dilatation cubique ou la dilatation linéaire constante ([1]). Le temps, proportionnel à la densité, est à diviser par 2 ou 8 dans le cas d'une température double, par 3 ou 27 dans le cas d'une température triple. Nous descendons à 300000 ans et même à 30000. *Ces nombres ne dépendent que de la valeur de* q_1 *ou de la constante solaire.*

Il semble donc que le Soleil primitif n'a pas pu dépasser une température triple de sa température actuelle, ni son rayon une valeur double. Même dans ce cas, le temps de formation aurait dû être inférieur à 1 *million d'années. Les conditions physiques n'ont jamais été très différentes des conditions actuelles.*

La loi des gaz parfaits exige pour l'équilibre interne du Soleil des millions de degrés, comme température intérieure moyenne. Une température 10 fois plus grande que la température superficielle aurait exigé une formation 10000 fois plus rapide, c'est-à-dire en 8000 ans au plus. Un Soleil de 600000° aurait dû se former en 300 jours. Enfin, pour atteindre 6 millions de degrés, la nébuleuse solaire aurait dû se contracter en 7 heures.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul du courant lancé dans le sol par les rails des tramways électriques.* Note de M. **Girousse**, présentée par M. Lippmann.

Le développement des tramways à courant continu avec retour du courant par les rails a inspiré de vives préoccupations au sujet de la protection des masses métalliques voisines contre les effets nuisibles des courants qui se diffusent dans le sol.

Mais pour étudier utilement les phénomènes qui se produisent et pour avoir des bases plus certaines lors de l'établissement des projets de tramways, il est nécessaire de disposer d'une théorie donnant l'état électrique de la voie, celui du sol environnant, et enfin celui des masses métalliques enterrées.

([1]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 642 et 812.

Parmi les grandeurs que doit faire connaître cette théorie figure en premier lieu l'intensité du courant qui sort de la voie en ses différents points.

En pratique, les pertes de courant peuvent être regardées comme proportionnelles aux potentiels de la voie, ces potentiels étant comptés à partir de celui du sol pris dans son état naturel.

La connaissance de ces pertes ou de ces potentiels se ramène dès lors à la résolution d'équations différentielles linéaires.

Toutefois, si l'on emploie les procédés de calcul ordinaires, on se trouve conduit à des calculs particulièrement laborieux et à des formules qui se prêtent mal aux applications.

Pour éviter ces difficultés, il convient d'adopter des procédés de calcul un peu différents et de recourir à un large emploi des tracés graphiques.

Au lieu de rechercher l'état électrique des portions successives de la voie qui sont séparées par les tramways ou par les points d'aboutissement des feeders de retour, on opère de la manière suivante :

1° On recherche les états électriques élémentaires de la voie tout entière dus à l'action combinés du sol et de *chacun* des centres électriques, tramways ou feeders, *considérés séparément ;*

2° On fait la somme de ces états électriques élémentaires.

Par cette méthode on arrive promptement pour une voie quelconque à avoir une représentation complète et claire, non seulement de son état de régime correspondant à une position quelconque des tramways, mais aussi de l'*état de régime moyen* correspondant à un parcours complet des tramways.

C'est ce dernier élément d'ailleurs qu'il convient de considérer en premier lieu ; ce serait même le seul à faire entrer en ligne de compte si les phénomènes d'électrolyse étaient exactement réversibles.

Quel que soit du reste l'état électrique, momentané ou moyen, que l'on considère, il est commode, pour simplifier les écritures, de prendre comme unité de longueur la longueur caractéristique λ que l'expérience fera connaître et qui, théoriquement, se trouve définie dans la relation

$$\lambda = \left(\frac{\rho_i + K\rho_s}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}},$$

dans laquelle ρ représente la résistance de la voie par unité de longueur (unité arbitraire), ρ_i sa résistance d'isolement et K le coefficient qui donne

la valeur du courant de perte g en fonction de la résistivité du sol ρ_s et de son potentiel au contact de la voie u' à l'aide de l'équation

$$g = \frac{u'}{K\rho_s}.$$

Dans ces conditions, si l'on appelle u le potentiel intérieur de la voie en un point quelconque X situé à des distances x et x' de ses extrémités, j le courant venant d'un centre extérieur et arrivant au point Z situé à des distances z et z' des extrémités de la voie, L la longueur de cette voie, et si l'on pose

$$J = \rho\lambda j,$$

le potentiel en X est donné par les formules

$$u = u_z \frac{\cos h\, x}{\cos h\, z} = \frac{J_z}{\sin h\, L} \cos h\, z' \cos x, \qquad \text{pour } x < z,$$

$$u = u_z \frac{\cos h\, x'}{\cos h\, z'} = \frac{J_z}{\sin h\, L} \cos h\, z \cos x', \qquad \text{pour } x > z.$$

L'état élémentaire visé plus haut, défini par le potentiel de la voie, est représenté par deux arcs opposés de cosinusoïdes hyperboliques se rejoignant au point où se trouve le tramway ou bien au point d'attaque du feeder.

On peut ainsi, par la simple superposition d'un certain nombre de diagrammes de cette sorte, arriver à représenter graphiquement l'état électrique d'une voie quelconque, portant un nombre de tramways et de feeders également quelconque.

Parmi les résultats qu'on peut obtenir par cette méthode, on indiquera les deux suivants qui comportent de nombreuses applications.

1° Dans le cas d'une voie reliée à l'usine par une de ses extrémités, la densité du courant de perte, prise en valeur absolue, atteint à chaque instant son maximum absolu à cette extrémité; elle présente ensuite un maximum secondaire au point occupé par le tramway.

Si l'on considère ensuite l'*état moyen* correspondant à un parcours complet, la densité du courant de perte atteint son maximum absolu à l'usine même et elle présente en même temps à l'extrémité opposée de la voie un maximum secondaire. Pour les voies courtes, le premier maximum est environ le double du second; mais pour des voies plus longues, la différence s'accentue et le point neutre moyen se rapproche de l'usine. Quant aux variations de la densité en un point donné, elles peuvent atteindre une amplitude

sensiblement supérieure à celle du maximum secondaire dont il vient d'être question.

2° Dans le cas d'une voie reliée à un nombre quelconque de feeders régulièrement espacés ou équipotentialisés, le régime correspondant à un parcours complet de tramway présente généralement les particularités suivantes :

La plus grande densité du courant de perte se produit aux points d'attache des feeders de retour; une autre série de maximums secondaires se rencontre au milieu des intervalles qui les séparent et aux extrémités de la voie, mais leur grandeur n'atteint que la moitié de celle des maximums principaux.

Les points neutres se trouvent aux $\frac{3}{7}$ des intervalles des maximums successifs, comptés à partir des points d'attache des feeders.

Enfin l'importance relative du courant lancé dans le sol se trouve, pour une voie donnée, varier en raison inverse du carré du nombre des feeders de retour et en raison directe du carré de la longueur de cette voie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inversion diastasique du saccharose : influence des produits de la réaction sur la vitesse d'hydrolyse.* Note de M. **H. Colin** et Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Tous les auteurs ont reconnu l'action retardatrice des produits de la réaction sur l'inversion diastasique du saccharose. Quelques-uns, Tammann en particulier, ont cru à la réversibilité de l'enzyme; pour V. Henri et d'autres, le sucre interverti se combinerait à la sucrase, ce qui diminuerait d'autant la quantité de ferment susceptible de se porter sur le sucre cristallisable. Si l'hypothèse de Tammann répondait à la réalité, l'hydrolyse serait incomplète en présence d'une proportion suffisante de sucre interverti et les deux sucres résultant de l'inversion exerceraient la même action retardatrice; or, l'expérience montre que l'inversion du saccharose est toujours totale quelle que soit la concentration des produits d'hydrolyse, et que le lévulose ralentit la réaction plus que le glucose. Si, comme le prétend V. Henri, le sucre interverti fixait une partie de la sucrase, son influence ne pourrait se faire sentir qu'au moment où l'enzyme cesserait d'être en excès par rapport au saccharose; de nombreuses expériences prouvent, au contraire, que les produits de la réaction retardent la vitesse, même lorsqu'ils interviennent à faible concentration et si grande que soit la teneur en sucrase. Il faut donc recourir à une autre interprétation.

Nous avons démontré précédemment [1] que la diminution de vitesse

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1274.

due à l'accroissement de la concentration en saccharose est imputable à la viscosité des solutions, de telle sorte que la vitesse de la réaction est *fonction linéaire* de la fluidité des liqueurs. Il est donc naturel de rapporter, du moins en partie, au facteur physique viscosité le retard observé lorsqu'on hydrolyse des solutions sucrées en présence de glucose, de lévulose ou de sucre interverti; si la vitesse décroît comme la fluidité, on aura la preuve que les produits de la réaction agissent du seul point de vue physique; si, au contraire, les variations de la vitesse et celles de la fluidité suivent des lois différentes, on sera en présence d'un phénomène plus complexe.

Des solutions de saccharose de diverses concentrations sont hydrolysées en présence de doses croissantes de sucre interverti; la vitesse d'hydrolyse V est mesurée par le nombre de minutes d'arc dont tourne le plan de polarisation de la lumière en une heure, au tube à 2^{dm}, et la fluidité F par $\frac{1}{T}10^3$, T étant, en secondes, la durée d'écoulement du volume liquide compris entre les deux traits de jauge du viscosimètre d'Ostwald; ΔF représente la variation de fluidité lorsqu'on passe de la liqueur contenant du saccharose seul à une solution renfermant une certaine quantité de sucre interverti, ΔV est la variation de vitesse correspondante; les résultats obtenus sont consignés dans les Tableaux suivants :

Saccharose : 5^g *pour* 100; *Sucrase :* 5^{cm^3} *pour* 100; *Température :* 19°.

Concentration en sucre interverti (pour 100).	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
0g	208′		22,22		
6,15	185,6	22′,4	19,23	2,99	7,48
12,30	156	52	16,13	6,09	7,54
24,60	120	88	10,63	11,59	7,58
36,90	90	118	6,49	15,73	7,50

Saccharose : 10^g *pour* 100; *Sucrase :* 5^{cm^3} *pour* 100; *Température :* 21°.

Concentration en sucre interverti (pour 100).	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
0 g	278′,4		19,23		
7,35	243,2	35′,2	16,66	2,57	13,68
14,70	214	64,4	14,59	4,64	13,86
29,40	140	138,4	9,09	10,14	13,64
44,10	92	186,4	5,61	13,62	13,68

Saccharose : 20g *pour* 100; *Sucrase :* 5cm³ *pour* 100; *Température :* 20°,5.

Concentration en sucre interverti (pour 100).	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
g 0	266,8		16		
6,90	218,8	48	13,16	2,84	16,90
13,80	179	87,8	10,84	5,16	17
27,60	113	153,8	6,86	9,14	16,82
41,40	56	210,8	3,62	12,38	17,02

Le quotient $\frac{\Delta V}{\Delta F}$ reste constant dans chaque série de mesures; la vitesse décroît donc comme la fluidité et l'on retrouve bien la loi $V = \alpha F + \beta$.

En comparant l'action de quantités égales de sucre interverti sur des solutions de saccharose de concentrations croissantes, on constate que, conformément aux résultats de V. Henri, un même poids de sucre interverti ralentit d'autant plus l'hydrolyse que la liqueur sucrée est plus diluée; or, la diminution de fluidité due à l'addition d'un poids déterminé de sucre interverti est plus considérable en solution faiblement concentrée qu'en solution à forte teneur en saccharose et le quotient de la variation de vitesse ΔV par la variation de fluidité ΔF est indépendant de la proportion de sucre cristallisable; c'est donc la loi $V = \alpha F + \beta$ qui, ici encore, régit le phénomène :

Composition des liqueurs.	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
Saccharose, 5g pour 100	91,2	»	19,60	»	»
Saccharose, 5g pour 100 + Sucre interverti, 25g pour 100	35,2	56	7,63	11,97	4,67
Saccharose, 20g pour 100	70	»	13,33	»	»
Saccharose, 5g pour 100 + Sucre interverti, 25g pour 100	26	44	3,81	9,52	4,62

Enfin, on arrive à des conclusions analogues si l'on emploie séparément le glucose et le lévulose : le lévulose, plus visqueux, retarde la réaction plus que ne le fait la même quantité de glucose et la variation de vitesse est proportionnelle à la variation de fluidité.

Composition des liqueurs.	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
Saccharose, 5g pour 100	131,2	»	20	»	»
Saccharose, 5g p. 100 + Glucose, 5g p. 100.	117,2	14	18,31	1,69	8,28
Saccharose, 5g p. 100 + Lévulose, 5g p. 100.	111,6	19,6	17,63	2,37	8,26

Dans tous les cas étudiés, la vitesse d'hydrolyse est fonction du premier degré de la fluidité des solutions et il faut attribuer à l'augmentation de la viscosité le retard apporté à l'inversion diastasique du saccharose par la présence du sucre interverti, du glucose ou du lévulose; les produits de la réaction n'agissent donc pas autrement que ne le ferait un corps neutre quelconque, la glycérine par exemple.

TOXICOLOGIE. — *Recherche de l'acide cyanhydrique dans un cas d'empoisonnement. Sa transformation* post mortem *en acide sulfocyanique.* Note (¹) de M. L. **Chelle**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons voulu vérifier que, *dans un cas d'empoisonnement par un cyanure,* l'acide cyanhydrique se transformait en acide sulfocyanique au cours de la putréfaction cadavérique, comme nous l'avons nettement démontré *in vitro* pour le sang dans un précédent travail.

Expérience n° I. — Nous avons pris un chien de 13^{kg} et nous lui avons fait absorber par voie buccale 20^{cm^3} environ d'une solution à 1 pour 100 de CyK (soit environ 80^{mg} de CyH). L'animal est mort 8 à 10 minutes après l'absorption du toxique. Nous l'avons aussitôt autopsié et nous avons réparti chacun des organes (cerveau, foie, poumon, sang), par portions de 40^{g}, dans des flacons stérilisés et bouchés aussitôt, puis nous les avons abandonnés à la température du laboratoire (20° à 25°).

Deux heures au plus après la mort, nous avons recherché CyH dans chacun de ces organes, puis nous avons recommencé huit jours après et un mois après.

Technique (applicable aux organes et au sang). — Organe bien découpé aux ciseaux 40^{g} + eau distillée 75^{cm^3} + acide phosphorique 5^{cm^3}. Distiller et recueillir 50^{cm^3}.

a. Traiter ce distillat suivant notre technique, pour rechercher CyH, car l'acide sulfocyanique est, comme nous l'avons vérifié, resté dans le résidu.

b. Le résidu resté dans le ballon est transvasé dans une fiole jaugée de 100^{cm^3}, on complète le volume avec la solution picrique à 5 pour 100, on agite et l'on filtre. Sur 500^{cm^3} de filtrat, on recherche l'acide sulfocyanique en faisant agir le mélange oxydant sulfochromique.

(¹) Séance du 27 octobre 1919.

		Milligrammes par kilo d'organe.		
		Acide cyanhydrique existant.	Acide sulfocyanique.	CyH correspondant à CSNH et réversible.
1er jour.	Sang.......	6,2	0	0
	Poumon....	6,75	0	0
	Cerveau....	2,15	0	0
	Foie........	0	0	0
8e jour.	Sang.......	0	12,98	5,94
	Poumon....	0	35,45	16,20
	Cerveau....	0	11,8	5,4
	Foie........	0	0	0
30e jour.	Sang.......	0	12,98	5,94
	Poumon....	0	34,22	15,66
60e jour.	Poumon....	0	34,22	15,66

Il y avait lieu de se demander si, au cours de la putréfaction, il ne s'était pas formé d'acide sulfocyanique venant se surajouter à celui qui provient de la transformation de CyH en CSNH (ceci serait contraire à ce qui se passe pour le sang) ou bien si le premier jour nous n'avions décelé qu'une partie seulement de l'acide cyanhydrique contenu dans ces organes.

Nous penchions en faveur de cette seconde hypothèse, que nous formulions ainsi : le premier jour CyH, solidement inclus et salifié dans les cellules, n'avait pu être entièrement libéré ni par le découpage aux ciseaux des tissus, ni par l'ébullition; au contraire, après 8 jours, la putréfaction, ayant amené la cytolyse, avait permis un contact plus intime du contenu cellulaire avec les réactifs et une libération intégrale du toxique.

Un contrôle s'imposait et nous l'avons fait par les expériences suivantes :

Expérience n° II. — Chien de 15^{kg}, tué par piqûre du bulbe, autopsié aussitôt après la mort; mis dans des flacons stérilisés des portions de 40^g de cerveau, de poumon et de foie, comme pour l'expérience précédente.

Voici les résultats de la recherche des acides cyanhydrique et sulfocyanique :

		Milligrammes par kilo d'organe.	
		Acide cyanhydrique.	Acide sulfocyanique.
Poumon	1er jour..............	0	0
	10e jour..............	0	0
Cerveau	1er jour..............	0	0
	10e jour..............	0	0
Foie	1er jour..............	0	0
	10e jour..............	0	0

Ces chiffres montrent nettement qu'il ne se forme pas d'acide sulfocyanique dans la putréfaction des organes normaux.

Les quantités d'acide sulfocyanique trouvées pour notre expérience n° 1, proviennent uniquement d'une transformation de l'acide cyanhydrique ingéré.

Conclusions. — Il est donc bien établi, d'après les expériences qui précèdent :

1° Que l'acide cyanhydrique, dans les conditions habituelles, disparaît ou tout au moins est dissimulé à ses réactions ordinaires au bout de peu de temps après la mort, fait d'ailleurs reconnu par tous les auteurs;

2° Qu'à l'encontre de ce qu'on pensait jusqu'à ce jour, cet acide n'est pas détruit ou transformé d'une manière irréversible et, par conséquent, indécelable, mais que sous l'influence des produits sulfurés qui prennent naissance dans la putréfaction cadavérique, il fixe du soufre et devient acide sulfocyanique (absolument résistant à cette putréfaction), réversible en son générateur par l'action d'un oxydant approprié;

3° Que, par suite de la démonstration que nous avons indiscutablement établie, de ce fait, l'expert n'est plus mis dans l'impossibilité, à la suite d'un examen tardif d'un empoisonnement par l'acide prussique, de conclure à la réalité de cet empoisonnement, puisqu'il lui est permis, d'après nos recherches, de libérer sous sa forme primitive le toxique d'abord dissimulé à ses investigations;

4° Nous montrerons ailleurs que la présence de l'acide sulfocyanique normal n'infirme en rien ces conclusions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'alcool méthylique sur le chlorure de sulfuryle et sur le chlorosulfonate de méthyle.* Note de MM. **R. Levaillant** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le chlorure de sulfuryle est le chlorure de l'acide sulfurique, selon la définition de Gerhardt; l'alcool méthylique doit donc agir selon les deux réactions successives

$$(1) \qquad SO^2Cl^2 + CH^3OH = SO^2\left\langle\begin{matrix}Cl\\OCH^3\end{matrix}\right. + HCl,$$

$$(2) \qquad SO^2\left\langle\begin{matrix}Cl\\OCH^3\end{matrix}\right. + CH^3OH = SO^4(CH^3)^2 + HCl.$$

Behrend a signalé la première en 1877 sans en indiquer le rendement; celui-ci est médiocre (35 à 40 pour 100), comme nous l'avons constaté. Une

première supposition serait que l'entrée en jeu de la réaction (2) produirait du sulfate diméthylique aux dépens du chloro-éther. Cette vue serait trop simpliste, bien qu'elle semble en partie confirmée par l'expérience. L'étude directe de la réaction (2) précise le phénomène.

I. *Action de l'alcool méthylique sur le chlorosulfonate de méthyle.* — Dans le chlorosulfonate refroidi à — 10° ou — 15° et agité mécaniquement, on fait couler la quantité équimoléculaire d'abord méthylique. Par réchauffement, il se dégage un gaz riche en chlorure de méthyle. La distillation, sous pression réduite, s'effectue en deux temps : au-dessous de 100°, le chloroéther inaltéré passe accompagné de sulfate diméthylique, puis, après un arrêt, une nouvelle portion de sulfate diméthylique passe lorsque la température du bain atteint 140° et il reste de l'acide sulfurique.

La réaction (2) se manifeste par l'apparition du sulfate diméthylique dans le premier stade de la distillation; mais une autre réaction plus importante se révèle par le dégagement de chlorure de méthyle

$$(3) \qquad SO^2\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix} + CH^3OH = SO^2\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix} + CH^3Cl.$$

Il se produit donc du sulfate acide de méthyle qui, à 140°, se scinde en sulfate diméthylique et en acide sulfurique.

Le phénomène est rendu plus complexe encore par la réaction mutuelle du gaz chlorhydrique et de l'alcool méthylique qui libère du chlorure de méthyle et de l'eau. Cette eau ne reste pas entièrement inactive et peut exercer son action sur la plupart des corps en présence.

Tout compte fait, le chlorosulfonate, au lieu de fournir en sulfate diméthylique un poids à peu près égal au sien (réaction 2), en produit moins de la moitié et en grande partie indirectement (réaction 3 et autodécomposition du sulfate acide de méthyle).

II. *Action de l'alcool méthylique sur le chlorure de sulfuryle.* — L'opération, conduite comme la précédente, en reçoit une interprétation logique. Tout d'abord, par une réaction primaire (1), se produit le chlorosulfonate de méthyle; mais il est, pour une petite partie, détruit et transformé en sulfate diméthylique par la réaction (2) d'abord, et surtout en sulfate acide de méthyle par la réaction (3). On recueillera donc des produits volatils

$$HCl, \quad CH^3Cl, \quad SO^2Cl^2$$

un mélange distillé de chlorosulfonate et de sulfate de méthyle et il restera

un résidu sulfurique retenant du sulfate acide de méthyle.

Chlorosulfonate de méthyle.....	50 à 55	pour 100 de chlorure de sulfuryle.
Sulfate diméthylique............	8 à 9	
Résidu.........................	8 à 9	

On pourrait être tenté, en constatant la présence du chlorure de sulfuryle, d'employer un excès d'alcool : le résultat serait de diminuer la production de chlorosulfonate et d'augmenter celle du sulfate diméthylique.

On peut songer à éliminer les produits volatils en chauffant le liquide pendant quelque temps vers 100° avant sa distillation sous pression réduite. Mais alors la composition du mélange se trouve modifiée par action mutuelle de ses constituants (chlorosulfonate et sulfate acide de méthyle); finalement, la proportion des éthers recueillis n'est plus la même; on n'obtient par exemple, en chlorosulfonate, que 40 à 45 pour 100 du poids de chlorure de sulfuryle au lieu de 50 à 55. En revanche, la proportion de sulfate diméthylique augmente.

Ce qui précède nous instruit sur la direction à suivre pour augmenter la proportion de sulfate diméthylique. Au contraire, en employant l'agitation par un courant d'air qui entraîne une partie du gaz chlorhydrique et en prenant la précaution de laver préalablement le liquide brut avec un mélange d'eau et de glace, puis de le sécher, la proportion de chlorosulfonate est accrue (rendement 60 pour 100). La technique suivante augmente encore le rendement.

On fait tomber l'alcool méthylique dilué dans un solvant neutre — le tétrachlorure de carbone — dans le chlorure de sulfuryle associé au même solvant, refroidi et traversé par un courant d'air sec. En fin d'opération, le liquide n'est pas homogène : une mince couche liquide surnage qu'on sépare. La portion la plus importante est projetée sur glace; il se sépare une fraction non miscible qu'on sèche et qu'on distille sous pression réduite. Le tétrachlorure de carbone est en partie récupéré et utilisé à une autre opération. Le chlorosulfonate est recueilli ensuite : le rendement en produit à 95 pour 100 de pureté est de l'ordre de 70 pour 100 du rendement théorique. Le résultat cherché est donc partiellement atteint.

Remarques. — La température à laquelle il faut refroidir dépend de la quantité de solvant employée; pour une grande dilution, il serait mauvais de refroidir au-dessous de 0°.

La couche surnageante dont il a été question plus haut renferme notamment du sulfate acide de méthyle, insoluble dans le tétrachlorure de

carbone. La réaction (3) se produit donc également dans ces conditions. Inversement, on peut manifester la présence du sulfate acide de méthyle dans le premier mode opératoire par une extraction du mélange au moyen de tétrachlorure de carbone.

GÉOLOGIE. — *Relation des éruptions volcaniques avec les transgressions marines en Égypte.* Note de M. **J. Barthoux.**

En considérant les mouvements positifs du rivage et l'âge des épanchements volcaniques en Égypte, on s'aperçoit qu'il existe, entre les deux phénomènes, une relation étroite indépendante de tout autre mouvement orogénique.

Premières éruptions andésitiques. — Leur présence est révélée par les *brèches vertes* d'origine sédimentaire déjà décrites (1) : celles-ci, à côté de galets andésitiques, contiennent beaucoup de produits de projection, lapilli et cendres. La transgression ayant donné ces « brèches » s'est donc heurtée à un massif andésitif antérieur ou contemporain.

Deuxièmes éruptions andésitiques. — Celles-ci, dont il ne reste que de nombreux filons, traversent (G. Doukhan et G. Oum-Sidri) les *brèches* et les schistes qui leur font suite, antérieurement à la deuxième série granitique (1). Mais l'érosion, en atteignant la partie profonde des schistes, a détruit les appareils extérieurs des volcans et les sédiments contemporains.

Oscillations jurassique-miocène et miocène-pléistocène. — Le mouvement négatif de la première de ces oscillations introduit la mer jurassique de Syrie au G. Moghara (200^{km} au nord du Tih). Le rivage crétacé inférieur reste encore indéterminé, mais, au Cénomanien, la mer s'élargit considérablement jusqu'au parallèle d'Assiout, dans les déserts Arabique et Libyque, et pénètre de 200^{km} dans le golfe de Suez. Elle atteint son maximum d'extension au Crétacé supérieur, comme l'a montré M. Hume (2), par un golfe qui s'avance en bordure de la chaîne schisto-cristalline, au niveau d'Esné et pénètre en Libye jusqu'à Doungoul (sud-ouest d'Assouan).

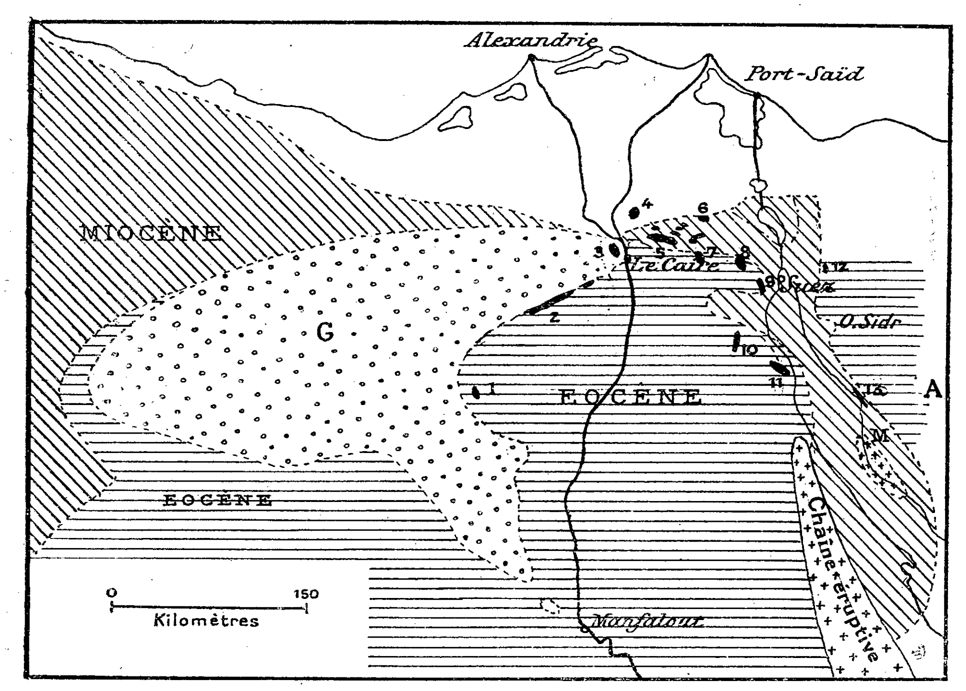
La régression commence avec l'Éocène, s'accentue à la fin de cette

(1) J. Barthoux, *Succession des roches éruptives, etc.* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 660).

(2) W.-F. Hume, *Secular oscillations during the Cretaceous and Eocene periods* (*Q. J. Geol. Soc.*, t. 67, 1911, p. 118-148).

période dans une direction méridienne jusqu'au niveau du Caire, sensiblement : c'est, en effet, au 30° de latitude nord, à peu près, qu'est limité le rivage miocène. La régression se continue, et sur l'espace émergé se dépose un grès continental (débris végétaux) ou littoral (*scutelles*) très réduit à l'est de l'Isthme de Suez où il est englobé dans des marnes bleues. C'est l'équivalent synchronique du *schlier*. Avec le deuxième étage méditerranéen apparaît la fin de la grande oscillation précédente. Une transgression vindobonienne a lieu, encore mal délimitée à l'Ouest, mais s'avançant à l'Est sur l'Éocène, à l'emplacement actuel du golfe de Suez, entre les chaînes Arabique et Sinaïtique, jusqu'au parallèle d'Assiout.

Basaltes du Sinaï. — Les lambeaux de coulées basaltiques du Sinaï, démantelés par une érosion intense aidée elle-même par de nombreuses



Relation des basaltes méditerranéens avec la transgression miocène (schlier et 2e étage méditerranéen); G. Grès et poudingues rouge; A. Région basaltique du Sinaï (crétacé).

cassures érythréennes, s'étendent au sommet du deuxième étage de grès de Nubie et non loin des calcaires cénomaniens du Tih. Ces basaltes sont postérieurs au vestphalien et, par leur position, se rapprochent du cénomanien, ainsi que je l'ai montré dans une note précédente; ils sont donc contemporains de la trangression qui s'avance sur le Sinaï.

Volcans du Ouadi Natasch. — Les volcans du O. Natasch, auxquels j'attribue l'âge aturien [1], sont donc aussi contemporains de la grande transgression du Crétacé moyen et supérieur et voisins du rivage, car des lambeaux sénoniens subsistent 45^{km} à l'est de leur gisement (G. Nougra) sur le flanc nord du O. Natasch.

Basaltes méditerranéens. — L'âge de ces roches nous est donné par un fragment de coulée situé au nord d'El Hamra (9[e] station de l'ancienne route de la malle des Indes entre le Caire et Suez). Ici une coulée basaltique surmontée de tuf est intercalée dans les grès contemporains du *schlier*. D'après les variations de rivage que je viens de décrire, ces éruptions se placeraient au moment de la transgression miocène : celle-ci commence avec les marnes du *schlier* que l'on retrouve jusqu'au Sinaï, sur la rive orientale du golfe de Suez. Ces éruptions, comme le montre la figure ci-contre, suivent le rivage ou sont recouvertes par les calcaires du deuxième étage méditerranéen.

Il est impossible d'attribuer ces épanchements volcaniques à une autre cause que les mouvements donnant les variations positives du rivage. Les schistes anciens ne montrent aucune fracture, manque de repère il est vrai. Le jurassique et le crétacé s'étendent régulièrement; leurs plissements localisés dans la région septentrionale (G. Moghara, Chébréouét, etc.) se placent entre le cénomanien et l'éocène. La dépression du golfe de Suez, sur laquelle s'étale le crétacé moyen et supérieur, paraît être un golfe dû à une érosion intense plutôt qu'à un effondrement. Les marnes du *schlier*, après la régression éocène, envahissent cette même région par un mouvement négatif du sol. Des fractures de grande amplitude mais de faible étendue, de directions générales N-S et E-O, séparent les Gebels Galala, Ataka et Géneffé, et donnent l'isthme de Suez, antérieurement au premier étage méditerranéen. Enfin viennent les fractures érythréennes, postérieures au deuxième étage méditerranéen.

En résumé, on peut établir le Tableau suivant :

10.	Andésites des *brèches vertes*......	transgression.	
20.	» postérieures aux schistes.	?	
30.	Basalte du Sinaï..................	transgression	Jurassique-Cénomanien.
40.	Coulées du Ouadi Natasch........	»	Cénomanien-Sénonien.
	Régression Eocène.		
50.	Basaltes méditerranéens...........	transgression	vindobonienne.

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 697.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des cordons littoraux anciens des Bas-Champs de Picardie.* Note [1] de M. A. **Briquet**, transmise par M. Barrois.

L'âge des amas de galets qu'on rencontre à l'intérieur des Bas-champs de Picardie (le Crotoy, Rue, Villers-sur-Authie; Quend; Conchil-le-Temple, Waben, Verton) était jusqu'ici imprécis. Gosselet les croyait d'âge pleistocène, sans en donner la preuve décisive [2]. On pouvait aussi bien les supposer plus récents.

Une balastière, ouverte pendant la guerre dans un de ces amas au Pas-d'Authie (près de Conchil-le-Temple), montre les galets reposant sur la craie. La plate-forme de craie s'élève, sous les galets, jusqu'à une altitude de plusieurs mètres supérieure à celle de la plaine alluviale des Bas-Champs.

Une telle surface d'abrasion, véritable « plage soulevée », ne peut être récente. Elle ne date pas des derniers temps de l'histoire de la Manche, de la phase d'oscillation positive du niveau de la mer correspondant au remblaiement des vallées. Au cours de cette phase, la mer n'a plus atteint un niveau suffisant pour façonner une plate-forme de cette altitude et la couvrir d'un amas de galets de plusieurs mètres d'épaisseur.

La formation de la plate-forme date de l'époque précédente : oscillation négative et creusement des vallées. Pendant cette phase, le niveau de la mer s'est abaissé, d'une position non encore précisée, mais très élevée, au-dessus du niveau actuel, jusques environ 25^{m} ou 30^{m} sous ce même niveau (creusement maximum des vallées). C'est à ce moment, où le niveau de la mer était encore supérieur de plusieurs mètres au niveau actuel, que les galets se sont déposés sur la plate-forme de craie.

Les amas de galets de Conchil-le-Temple (et les autres amas des Bas-Champs, qui se trouvent en des conditions d'altitude analogue) se montrent par là contemporains des terrasses d'alluvions fluviatiles pleistocènes formées dans les vallées voisines pendant la période de creusement. Par leur altitude relativement faible, ils doivent être rapprochés de la terrasse de Menchecourt (vallée de la Somme) dans les alluvions de laquelle ont été recueillies jadis des coquilles marines; ou peut-être d'une terrasse moins élevée encore.

---

[1] Séance du 3 novembre 1919.

[2] Carte géologique de la France, légende de la feuille Montreuil.

Cette correspondance avec les formations fluviatiles d'âge pleistocène est confirmée par le caractère des amas de galets.

Leur état d'altération (décalcification et rubéfaction) est comparable à celui des terrasses indiquées. De même le dépôt éluvien qui parfois les surmonte (sable d'origine probablement dunale, remanié) a subi une altération analogue à celle du loess des terrasses.

Les bancs de galets ont éprouvé l'action de l'érosion dans une mesure importante, ils peuvent, sous ce rapport également, être comparés aux alluvions anciennes des vallées. L'érosion a découpé les cordons littoraux, vraisemblablement continus sur de longues distances à l'origine, en amas plus ou moins isolés. Elle en a effacé les formes primitives, l'aspect ramifié et digité si caractéristique des pouliers de galets modernes (tel le poulier du Hourdel).

En outre, l'érosion a rasé, tout comme à la plage soulevée de Sangatte, le relief de la falaise de craie à laquelle les galets s'adossaient : à Conchil-le-Temple et à Villers-sur-Authie, on passe de plain-pied de l'amas de galets sur le massif de craie.

Plus récentes, et datant de la phase positive de remblaiement, sont les autres formations des Bas-Champs. Parmi elles figurent quelques bancs de galets peu importants (Hautebut, Sallenelle, Saint-Firmin, Étaples) dont l'état de fraîcheur contraste avec celui des amas anciens. Leur âge les rapproche du cordon littoral actuel qui s'étend d'Onival au Hourdel. Ces bancs plus récents contiennent des coquilles, presque toujours disparues des bancs anciens par suite de la décalcification.

Dans la plaine maritime flamande, certains amas de galets offrent les mêmes caractères d'ancienneté (altération, érosion) que les grands amas de l'intérieur des Bas-Champs. Ce sont les bancs de Coulogne et des Attaques, près de Calais : ils ont approximativement le même âge. D'après leur emplacement et leur altitude, ils sont en relation évidente avec les formations littorales pleistocènes de la plage soulevée de Sangatte.

Les bancs de galets de Saint-Pierre et de Calais semblent plus récents.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement, au Nord-Ouest, de la zone de roches écrasées reconnue entre Asprières (Aveyron) et Fromental (Haute-Vienne).* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai signalé, il y a deux ans (¹), l'existence d'une zone, longue de 200^{km}, de roches écrasées ou *mylonites*, dont j'avais commencé l'étude dès 1885, zone qui traverse la partie sud-ouest du Massif Central de la France, entre Asprières et le village de Monjourde, près de Fromental, à 12^{km} au sud de La Souterraine (Creuse).

En ce dernier point, situé un peu au nord de la vallée de la Gartempe, commence le massif de granulite qui traverse du Nord au Sud le département de la Haute-Vienne, et l'on pouvait croire que la granulitisation du terrain y serait complète et effacerait désormais toute trace de la zone des mylonites, si celles-ci sont plus anciennes.

Il n'en est rien. J'ai reconnu, en divers points du massif en question, qui, dans la direction générale de la zone, se termine à l'Ouest, à la vallée de la Brame, l'existence de mylonites sous forme de granites écrasés; elles s'observent, dans la vallée de la Semme, à l'ouest de Fromental et au nord de Morterolle. Elles s'observent aussi aux Combes (à l'ouest de Saint-Amand-Magnazeix), et il existe un petit dépôt de ces roches au village des Champs (au sud de Saint-Sornin). Or ces différents points se trouvent exactement dans l'alignement de la partie déjà reconnue de la zone des mylonites.

Cette zone se prolongerait à l'ouest du massif de granulite déjà cité, et elle formerait la limite sud du massif de granulite qui coupe, de l'Ouest à l'Est, la partie nord du Massif Central, massif qu'elle séparerait de celui des granites de Magnac-Laval et du Dorat (Haute-Vienne) et des gneiss disloqués de la vallée de la Gartempe, au sud-ouest de Lathus (Vienne).

C'est, en effet, exactement à la limite de ces deux formations que je viens d'observer les mylonites dans la carrière de Lavaublois, près du village du Petit-Montheil, au nord de Magnac-Laval et, en dernier lieu, aux environs de la ferme du Douet, à $4^{km},500$ au sud d'Azat-le-Ris (Haute-Vienne), donc bien près de la limite occidentale du Massif Central, mais dans une région située au nord de divers gisements de « poudingues » qui, d'après M. de Launay, existeraient dans les environs du Dorat.

(¹) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 822.

Il y a lieu de croire que la fracture d'Argentat, sinon les mylonites elles-mêmes, se poursuit le long de la même limite, dans la direction de Lussac-les-Châteaux, jusqu'à la vallée de la Gartempe, au moulin d'Ouzilly, là où les terrains cristallins disparaissent sous le manteau des terrains secondaires du Poitou. Diverses circonstances, toutefois, ne m'ont pas permis, pour le moment, de vérifier cette supposition, et d'étudier aussi la lacune qui existe entre Saint-Sornin et le Montheil.

Cette importante fracture d'Argentat, dont la longueur, d'Asprières à la Gartempe, près de Lathus, est de 245^{km}, circonscrit complètement la partie sud-ouest du Massif Central que j'ai appelée jadis (1) le Plateau de Limoges, et la sépare, à l'Est, de celui d'Ussel et, au Nord, des Plateaux de Guéret et d'Aigurande, ce dernier rappelant, par ses principaux caractères, et notamment par l'existence des amphibolites, les traits du plateau de Limoges.

J'appellerai aussi l'attention sur ce fait que les granites, au voisinage de la fracture d'Argentat, sont souvent gneissiques ou même passent à des sortes de gneiss. C'est là un fait que j'avais constaté déjà dans la Corrèze et la Creuse au voisinage de cette fracture et qui s'observe encore plus nettement dans la région que je viens d'étudier; par exemple à Monjourde même et à Varnace, près du hameau des Combes déjà cité. Il s'observe aussi au sud de Dampierre, où il tend à indiquer le passage de la ligne de fracture, et au sud de Montheil (gneiss de la Loubresse). Les granites gneissiques prennent même, d'après la carte géologique de Rolland (feuille *Poitiers*), un grand développement au sud d'Azat-le-Ris, et passent, plus à l'ouest, aux schistes cristallins disloqués de la vallée de la Gartempe.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le plateau de Millevaches : ses cycles d'érosion, ses anciens glaciers et ses tourbières.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le plateau de Millevaches est cette région montagneuse de l'ouest du Massif Central qui s'étend principalement sur les départements de la Creuse, de la Corrèze et de la Haute-Vienne entre Meymac, Egletons, Bugeat (Corrèze), Royère, Felletin, Crocq et La Courtine (Creuse), cons-

(1) G. Mouret, *Remarques sur la Géologie des terrains anciens du Plateau Central de la France* (*Bull. de la Soc. géol. de France,* 3e série, t. 27, 1898, p. 601).

tituant comme un grand bastion de près de 2000^{km^2}, dont les plus hauts sommets n'atteignent pas 1000^m (978^m, mont Besson).

Ce plateau n'a qu'un relief de 200^m à 400^m au-dessus du territoire environnant (plateaux d'Ussel et du Limousin); mais ce relief est relativement homogène dans son ensemble, car il peut être considéré comme une sorte de grand dôme aplati, morcelé en une multitude de bosses et de ballons entre lesquels circulent plus de 20 rivières irradiant vers tous les points de l'horizon. Ce sont : la Creuse, le Taurion, la Maulde, la Vézère, la Corrèze, la Luzège, la Diège, le Chavanon, la Tardes, le Cher, etc. Bien que ses parties hautes ne soient pas boisées, ce qui est très regrettable, mais recouvertes seulement d'un épais manteau de bruyères et de quelques champs cultivés, le plateau de Millevaches est un des *nœuds hydrographiques* les plus importants du Massif Central et un *régulateur hydraulique* manifeste, car tous les cours d'eau qui en sont issus ont un *régime* beaucoup plus *régulier* que ceux du reste du Massif, ce qui en fait un des facteurs essentiels de la production de la houille blanche. A sa périphérie, entre Montluçon, Guéret, Limoges et Tulle, les divers projets hydrauliques de ces rivières prévoient en effet l'aménagement d'une énergie de plus de 250000 HP.

Le plateau de Millevaches, dont la géologie a été étudiée autrefois par M. de Launay, peut être envisagé comme formé par *trois grands compartiments*, faisant partie d'une région surélevée, séparés par des failles N-S, d'âge probablement miocène, comme celles de la Limagne :

1° Un compartiment *médian*, ou clef de voûte, étroit, effondré, de direction N-S, formé surtout de schistes cristallins, drainé par des rivières au cours opposé : la Creuse au Nord, la Diège et la Sarsonne au Sud;

2° Un compartiment *oriental*, de granite à mica noir;

3° Un compartiment *occidental* (qui est aussi le plus élevé et le plus bossué), de granite à mica blanc, avec lambeaux de schistes métamorphiques, de Dinantien et des filons de microgranite.

Le *modelé topographique* n'est pas aussi uniforme qu'on pourrait le croire; et, si M. Demangeon a pu observer à sa phériphérie *trois cycles d'érosion*, le relief du haut plateau n'est pas non plus l'œuvre d'un seul cycle, mais au moins de trois cycles, dont les restes sont manifestes, jusqu'au cœur du territoire, notamment dans les vallées de la Vienne et de la Vézère, où ils sont marqués par des surfaces topographiques plus ou moins bien conservées. Dans certains cas, les deux ou les trois surfaces d'érosion sont réduites

à une seule, par élargissement et aplanissement des versants. Les cycles les plus anciens sont vraisemblablement pliocènes, et les plus récents quaternaires. Ces faits sont à rapprocher de ceux que j'ai observés dans les Monts Dore et du Forez.

Un autre facteur physique, jusqu'ici inconnu, a joué d'ailleurs un rôle assez important dans l'évolution du relief de Millevaches : c'est le *facteur glaciaire*. Ce plateau, en effet, bien que de faible altitude (il devait atteindre environ 1100^m à la fin du Pliocène), mais à cause de son étendue et de sa proximité de l'Océan, fut couvert de *névés*, et des *glaciers* s'installèrent dans certaines de ses vallées, ainsi que le prouvent les moraines, les blocs erratiques, les cirques et les buttes moutonnées qu'on y observe en plusieurs points.

Dans la vallée de la Vézère, à Saint-Merd-les-Oussines, une *moraine frontale* barre la vallée et, à 2^{km} en aval, une autre *moraine*, avec *cône de déjections fluvio-glaciaire* (marquée $a^1\ gl^1$ sur la feuille *Ussel*) a produit le même effet et a donné naissance à un coude de la rivière; tandis que, plus en aval encore, s'étend en plusieurs points, notamment à la gare de Bugeat, une *terrasse de* 10^m *à* 12^m, qui paraît bien se relier aux formations glaciaires précitées.

Dans la vallée du Langeron, affluent de la Vézère, une terrasse de 12^m existe également entre Razel et Barsanges, et des tourbières sont logées dans des bassins en escalier, d'origine vraisemblablement glaciaire.

Les cirques qui entament, au Sud, les Millevaches au nord-est de Meymac, offrent des méplats et des emboîtements typiques. Celui qui est limité par le mont Besson, les Puys Pendu et Sapinette, présente 4 cycles d'érosion. Sur le fond moutonné de ce grand cirque, qui est un des plus beaux de la région, se sont enfoncées des vallées secondaires en berceau, le divisant en fragments sur lesquels sont bâtis les villages de Machinit, du Grand Val, etc.

Des buttes moutonnées existent à la Feuillade et entre Matrillac et Beynat, et des cirques avec glaciers suspendus sont visibles entre Barsanges et Beynat.

En dehors de ces formations, tout le Plateau de Millevaches est parsemé de *tourbières* et de prairies tourbeuses à peine connues et dont la position est variable. Dans le cas le plus général, elles s'observent dans le fond même des vallées (vallées supérieures de la Vienne, de la Vézère, de la Creuse et de leurs affluents) qui ont une pente moyenne de 0,008 à 0,012.

Il en existe dans d'anciens *méandres* (Bugeat) : d'autres sont *suspendues*

dans des cirques d'érosion ou glaciaires à 10^m-15^m au-dessus des vallées actuelles (près Pérols); quelquefois elles se montrent sur des *pentes assez fortes*. Les environs de Peyrelevade, Tarnac, Millevaches, Bugeat, Rampnat, Gentioux, Féniers, etc., abondent en tourbières qui pourraient donner lieu à une exploitation importante.

En résumé, le plateau de Millevaches a surtout acquis son modelé actuel (en dehors des mouvements tectoniques) par l'effet de l'érosion *pluviale* (ruissellement) et *torrentielle* (3 cycles), des *glaciers*, et enfin par l'établissement de multiples *tourbières* sur une grande partie de son territoire.

PÉTROGRAPHIE. — *Des Conglomérats de la vallée de la Bruche et du caractère des Brèches d'origine sédimentaire*. Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

Il se pose en Géologie et en Pétrographie *un problème des brèches*, parce que l'allure de ces formations, si différentes de toutes celles que les phénomènes actuels offrent à nos yeux, nous étonne et nous impressionne fortement. C'est à l'étude minutieuse des complexes bréchiques qu'il faut demander la raison de leur manière d'être. Il m'a été donné d'en pouvoir observer quelques-uns et j'en voudrais ici dégager des caractères qui éclairent singulièrement, me semble-t-il, la question de leur origine.

Aucun éclaircissement ne nous peut généralement venir de l'étude des brèches dont tous les matériaux seraient arrachés à une formation plus ancienne que la série sédimentaire qui les comprend, tandis que l'étude des brèches formées de matériaux contemporains de l'époque de leur mise en place nous apporte immédiatement des données précises sur leur origine.

La principale remarque qu'on peut faire au sujet de ces dernières, et qui s'impose à l'esprit comme une sorte de loi, c'est que *les matériaux qui donnent au sédiment sa nature de brèche ont un caractère plus marin que le complexe qui forme le ciment de ces matériaux*. Ce que nous exprimerons autrement en disant que, deux formations sédimentaires étant contemporaines, l'une marine, l'autre littorale, c'est la formation marine qui, consolidée à l'état de roche, peut être remaniée dans la formation littorale, tandis que l'inverse n'a jamais lieu.

J'ai déjà eu l'occasion de développer cette idée à propos des brèches des terrains crétacés des Hautes-Pyrénées et des Basses-Pyrénées. En parcourant récemment les Vosges d'Alsace, je me suis trouvé à même d'observer

les conglomérats dévoniens de la vallée de la Bruche, et, de leur étude, il m'a semblé que la loi que je viens d'énoncer se dégageait aussi nettement et qu'elle acquerrait de ce fait la généralité nécessaire.

Ces Conglomérats (on pourrait aussi bien dire Brèches) sont de deux sortes extrêmes entre lesquelles on trouve d'ailleurs des termes de passage : l'une formée de matériaux arrachés en majeure partie à des formations récifales (calcaires à Stromatopores et à Crinoïdes), l'autre, et c'est la plus instructive, dont les matériaux sont ces phtanites à Radiolaires dont j'ai parlé dans une précédente Note (¹). Les conglomérats de cette sorte sont remarquables par leur simplicité d'allure. Ils apparaissent en bancs ou en lentilles puissantes au milieu des phtanites mêmes et des grès grossiers. Ils sont faits de gros morceaux des bancs des phtanites, à contours souvent à peine émoussés, pris dans une pâte d'arkose ou de grès grossier. On trouve d'ailleurs toute la série des intermédiaires entre ces grès grossiers et les phtanites. Quelques Radiolaires apparaissent même de temps en temps dans les premiers, et l'on peut encore observer le passage des conglomérats à de petites brèches, dans lesquelles de menus morceaux de phtanites surpassent à peine la dimension des grains qui forment les éléments des grès grossiers.

Les conglomérats de la vallée de la Bruche sont donc bien formés d'une roche consolidée au large (phtanite à Radiolaires) remaniée dans la matière d'un sédiment littoral ou formé non loin du littoral (grès grossier).

Quelle que soit l'idée qu'on puisse se faire de la cause du phénomène qui a produit les brèches sédimentaires, il faut admettre qu'elles doivent leur origine à un mouvement de la mer agissant, soit positivement en entraînant vers le rivage les sédiments déjà consolidés du large et les mélangeant à la matière des dépôts littoraux, soit négativement en entraînant ces derniers vers le large et fragmentant du même coup les sédiments marins.

MÉTÉOROLOGIE. — *La cinématographie des mouvements atmosphériques et la prévision du temps.* Note de M. **P. Garrigou-Lagrange.**

La cinématographie des mouvements atmosphériques a pris, en ces derniers temps, une importance très grande au point de vue de leur pré-

(¹) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 802.

vision. Grâce à l'appui de l'Académie des Sciences et à la subvention qu'elle a bien voulu nous accorder sur le fonds Bonaparte, nous avons pu faire construire un appareil spécial qui nous a permis de faire défiler les films qui montrent les transformations. Poursuivie systématiquement pendant de longs mois à la surface de l'Europe, de l'Asie, de l'Amérique et de l'hémisphère boréal entier, l'étude des mouvements barométriques a constamment mis en lumière la même tendance à une sorte de respiration de l'atmosphère, qui tantôt, comme nous l'avons dit et dans les conditions que nous avons définies, circule plus ou moins au nord de l'hémisphère.

La marine, l'agriculture, les services publics ou privés de navigation aérienne sont directement intéressés dans ces problèmes et en trouvent la solution dans les suites de cartes que les situations permettent de tracer et dont notre appareil fournit la consultation aussi rapidement et autant de fois qu'il est désirable.

Ce ne sont pas seulement les variations barométriques qu'il est ainsi possible de déterminer à l'avance, mais encore leur répercussion sur les autres éléments météorologiques. Nous en trouverons un exemple dans la vague de froid qui a marqué les derniers jours d'octobre dernier et les premiers jours de novembre.

Le thermomètre est descendu brusquement, surtout dans l'Est de la France, à 3° ou 4° au-dessous de zéro, en même temps que des chutes de neige étaient signalées un peu partout.

Cet abaissement subit de la température a généralement surpris. Il était cependant aisé de le prévoir et la cinématographie des mouvements atmosphériques l'indiquait nettement; la situation générale permettait, d'ailleurs, d'en préciser le caractère et l'importance.

Il était également facile de prévoir le mouvement inverse qui devait suivre aussi soudainement et la vague de chaleur que nous avons éprouvée après un refroidissement momentané.

En résumé, la cinématographie des mouvements atmosphériques, jointe à la connaissance des conditions de la circulation générale, nous mettait en mesure de définir à l'avance les traits principaux des périodes de refroidissement et de réchauffement par lesquelles nous venons de passer, d'en déterminer l'importance et la durée et d'en préciser le caractère essentiellement transitoire.

L'aviation, l'agriculture, la marine, l'hygiène publique auraient eu intérêt à connaître le sens et l'intensité de ces mouvements barométriques et leur répercussion sur les autres phénomènes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les rapports du vent avec le gradient dans les couches basses de l'atmosphère.* Note de M. **C.-E. Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

Les recherches expérimentales faites jusqu'à ce jour en vue de déterminer la loi reliant la vitesse du vent au gradient dans les couches d'air voisines du sol, ont montré qu'à la hauteur à laquelle sont généralement placés les anémomètres, le rapport $\frac{\text{vitesse du vent}}{\text{gradient}}$ ou, pour être plus précis, le rapport $\frac{\text{vitesse mesurée}}{\text{vitesse théorique}}$ décroît à mesure que le gradient augmente. De plus, on a trouvé que, pour une valeur et une direction données du gradient, ce rapport varie avec la saison et ce résultat a été attribué aux différences dans le régime des mouvements verticaux de l'air qui se manifestent à une heure donnée de la journée aux différentes époques de l'année. Ces différences étant en relation avec les variations de la distribution verticale des températures, il est intéressant de connaître dans quelle mesure cette dernière peut affecter la vitesse du vent correspondant à un gradient donné dans les couches basses de l'atmosphère.

Je me suis servi, dans ce but, des observations faites au Bureau Central météorologique et à la Tour Eiffel utilisées précédemment [1] pour étudier l'action du décroissement de la température dans la couche de 300^{m} sur l'angle du vent avec le gradient.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau ci-dessous :

	Décroissement de la température entre le niveau des toits et le sommet de la Tour Eiffel.	Vitesse théorique du vent.	Vitesse du vent.		Rapport de la vitesse observée à la vitesse théorique.		Nombre d'observations.
			B. C. M.	Tour Eiffel.	B. C. M.	Tour Eiffel.	
	°	m	m	m			
Gradients compris entre 0,2 et 0,9.	2,50	5,88	1,39	4,90	0,24	0,83	46
	0,58	5,89	1,11	6,14	0,19	1,04	36
	—2,75	5,50	0,59	4,39	0,11	0,80	32
Gradients compris entre 1,0 et 1,7.	2,37	11,15	2,19	7,71	0,20	0,69	105
	0,71	11,68	1,31	10,14	0,11	0,87	59
	—2,96	11,36	0,81	7,24	0,07	0,64	46

(1) *Sur les relations du vent avec le gradient dans les couches basses de l'atmosphère* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 730).

Gradients	2,34	18,22	3,25	14,24	0,18	0,78	69
compris entre	0,66	17,15	1,92	12,62	0,11	0,74	34
1,8 et 2,5.	−3,27	17,35	1,07	12,21	0,06	0,70	22
Gradients	2,10	27,76	4,09	16,69	0,15	0,60	36
compris entre	0,81	26,53	2,51	16,71	0,09	0,63	11
2,6 et 4,5.	−2,78	24,23	1,39	12,54	0,06	0,52	8

On voit immédiatement que, pour certaines valeurs du gradient, le rapport de la vitesse mesurée au niveau des toits à la vitesse théorique peut passer du simple au triple par suite des changements dans le décroissement de la température suivant la verticale. Comme, d'autre part, ce rapport varie presque du simple au double lorsqu'on passe des gradients forts aux gradients faibles, la distribution des températures en hauteur restant invariable, la connaissance du rapport moyen entre la vitesse du vent et le gradient, dans une station donnée, paraît ne pouvoir conduire qu'à des résultats inconsistants.

L'étude des nombres reproduits ci-dessus montre en outre :

1° Que même à 300^{m} au-dessus du sol, la vitesse du vent n'est pas directement proportionnelle au gradient;

2° Que la loi suivant laquelle la vitesse du vent varie, à distribution verticale des températures constantes, en fonction de la vitesse théorique, peut être représentée à la terrasse du Bureau Central par une formule logarithmique telle que

$$\log V = \log a + b \log V_G,$$

dans laquelle V représente la vitesse mesurée, V_G la vitesse théorique, a et b étant des nombres inférieurs à l'unité, mais tendant à s'en rapprocher à mesure que le décroissement de la température devient plus accentué.

Si la vitesse du vent correspondant au gradient était toujours atteinte à la même hauteur, il est clair que, pour ce niveau, a et b seraient égaux à l'unité. Il paraît donc tout à fait vraisemblable que dans une couche d'air, dont la hauteur correspond à l'altitude la plus basse à laquelle la vitesse théorique peut être réalisée, la loi empirique reliant la vitesse du vent à la vitesse théorique doit conserver la même forme que près du sol, a et b tendant vers l'unité à mesure qu'augmente la distance à la surface et que la distribution des températures se rapproche de la distribution adiabatique.

Mais si l'on considère des mesures faites dans une station située à une hauteur suffisante pour que l'anémomètre se trouve, tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du niveau auquel la vitesse correspondant au gradient est

réalisée, on ne trouvera pas des résultats aussi simples. C'est ce qui paraît être le cas au sommet de la Tour Eiffel.

Une discussion plus détaillée, portant sur un plus grand nombre d'observations, est actuellement en voie d'achèvement. J'espère qu'elle me permettra de résoudre expérimentalement un certain nombre de questions restées en suspens, en particulier l'influence du sens de la courbure des isobares sur le rapport du vent mesuré au vent théorique dans les couches d'air voisines du sol.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Caractères et composition du Primevérose.* Note de MM. **A. Goris** et **Ch. Vischniac**, présentée par M. Guignard.

Dans un travail antérieur [1] nous avons donné le procédé d'extraction, la composition et la constitution de deux glucosides retirés du *Primula officinalis Jacq.*

La *Primevérine* se dédouble sous l'influence d'un ferment particulier, la *primevérase*, en un éther méthylique de l'acide β-méthoxyrésorcylique et en un biose nouveau.

La *Primulavérine* donne, dans les mêmes conditions, un éther méthylique de l'acide *m*-méthoxysalicylique et le même biose, que nous avons désigné sous le nom de *primevérose*.

Nous avions indiqué, à ce moment, quelques propriétés de ce sucre, nous proposant toutefois d'en faire, par la suite, une étude plus approfondie. Nous complétons aujourd'hui les caractères de ce biose, et donnons en même temps la nature de ses composants.

Caractères. — Le primevérose cristallise anhydre. Il est soluble dans l'eau, l'alcool à 80°, l'alcool méthylique. Son point de fusion instantané au bloc Maquenne est 209°-210°. Par un chauffage lent, il commence à fondre vers 192° en brunissant.

Ce sucre possède la multirotation. Pouvoir rotatoire initial : $\alpha_D = +22°70$; pouvoir rotatoire fixe : $\alpha_D = -3°43$. La variation de rotation, extrêmement rapide au commencement, se ralentit ensuite, et la rotation devient constante au bout de sept heures environ.

Le primevérose réduit la liqueur de Fehling, instantanément à chaud, lentement à froid.

Traité à chaud par le chlorhydrate de phénylhydrazine et l'acétate de soude, le

---

[1] A. Goris, M. Mascré et Ch. Vischniac, *Étude des essences de Primevère* (*Bull. Sciences pharmacologiques*, t. 19, 1912, p. 577-598, 648-670).

primevérose donne une osazone. Cette osazone se présente sous forme de belles aiguilles d'un jaune clair, très peu solubles dans l'eau froide, plus solubles dans l'eau chaude, solubles dans l'alcool à 90° et à 60°, dans l'alcool méthylique (différence d'avec la phénylglucosazone), dans l'acétone, insolubles dans l'éther (différence d'avec la phénylxylosazone) et le chloroforme. Elle fond instantanément à 224°-225°; après contact prolongé sur le bloc, elle commence à fondre vers 204°-207°.

Les acides dilués hydrolysent à chaud le primevérose; l'invertine et l'émulsine sont sans action sur lui. Il ne fermente pas en présence de la levure de bière.

Composition. — Le primevérose est un biose. Son poids moléculaire a été trouvé par la cryoscopie voisin de 300 : $M = 18,5 \frac{5,415}{0,34} = 294$ (0,34, abaissement du point de congélation pour une solution aqueuse de 5,415 pour 100). Poids moléculaire calculé pour $C^{11}H^{20}O^{10} = 312$.

Ce sucre donne la réaction des pentoses. Traité à l'ébullition par un acide minéral, il fournit du furfurol qui colore le papier à l'acétate d'aniline; chauffé avec l'acide chlorhydrique et l'orcine, il donne une coloration bleu violacé. La quantité de furfurol, produit puis dosé par le procédé de Kröber correspond à une molécule de pentose pour une molécule de biose.

L'hydrolyse par l'acide sulfurique à 2 pour 100 est assez lente et ne devient complète qu'après 5 heures de chauffage sur un bain-marie bouillant. La solution hydrolysée traitée par l'acétate de phénylhydrazine donne un mélange de phénylglucosazone et de phénylxylosazone que l'on peut séparer de la façon suivante. La solution bouillante est filtrée à la trompe. La phénylxylosazone légèrement soluble à chaud cristallise par refroidissement; on la lave à l'eau, puis avec une petite quantité d'alcool et d'éther. On obtient une osazone pure. Point de fusion instantané sur le bloc Maquenne 164°-165°. Le précipité qui s'est formé à chaud est constitué par la phénylglucosazone. Pour isoler la première à l'état pur, on laisse digérer le mélange avec l'alcool méthylique et avec l'éther jusqu'à ce que les solvants n'enlèvent presque plus rien au mélange. La phénylglucosazone reste insoluble. On l'essore, on la lave à l'alcool méthylique et à l'éther. Point de fusion 230°.

Le primevérose ne fermente pas par la levure de bière; après hydrolyse, la solution devient partiellement fermentescible. On arrive ainsi à détruire le glucose dans le mélange et à obtenir le xylose pur et cristallisé. Voici comment on opère :

La solution hydrolysée est neutralisée par la CO^3Ca. On la filtre et on l'additionne de levure de bière. Au bout de 4 à 5 jours, la fermentation est terminée. On filtre, on défèque la solution avec quelques gouttes d'acétate neutre de plomb, on filtre de nouveau et l'on élimine l'excès de Pb par l'hydrogène sulfuré. La solution filtrée est évaporée à siccité. On reprend par l'alcool à 50° pour éliminer les traces de sulfate de chaux, on filtre, on concentre jusqu'à consistance de sirop et l'on amorce avec un cristal de xylose. Au bout de 2 ou 3 jours, toute la masse cristallise. On sèche les cristaux sur une plaque poreuse et on les fait recristalliser ensuite dans l'alcool. On obtient ainsi un produit blanc fondant à 144°. On identifie le sucre par son osazone, son pouvoir rotatoire et le xylonobromure de cadmium qui est caractéristique.

Le primevérose est le premier biose connu constitué par du glucose et du

xylose. C'est également un des rares bioses définis qu'on ait réussi à préparer par hydrolyse diastasique d'un glucoside.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la miellée du Peuplier.* Note de M. **Georges Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

On sait que l'on désigne sous le nom de *miellée* l'enduit sucré, souvent réduit à de simples taches, qui, dans les étés chauds, recouvre la face supérieure des feuilles de certaines de nos espèces indigènes, le nom de *manne* étant plus spécialement réservé aux productions concrètes du même genre qui prennent naissance sur les arbres des climats moins tempérés ou des pays plus lointains. Bien que les miellées puissent être observées sur un assez grand nombre d'espèces végétales, on n'a que peu de détails sur leur composition chimique, leur étude étant rendue particulièrement délicate par le caractère limité et fugace de leur apparition, la faiblesse de leur rendement et la difficulté de leur récolte. Les sucres qui en ont été nettement isolés jusqu'à ce jour sont, outre le glucose qui existe dans presque toutes, la mannite dans la miellée du Platane [Jandrier], la dulcite dans celle du Fusain du Japon [Maquenne] et le mélézitose qui, découvert par Berthelot dans la miellée du Mélèze, a été retrouvé dans celles du Tilleul [Maquenne] et du Cytise [Bourquelot et Hérissey]. C'est de ces dernières qu'il faut rapprocher celle que j'ai pu recueillir sur le Peuplier noir (*Populus nigra*).

Les liquides aqueux provenant du lavage méthodique des feuilles sont d'abord concentrés jusqu'à contenir moitié de leur poids de matière sèche, puis additionnés de 3 volumes d'alcool à 95° qui précipite, outre les sels, une gomme à pouvoir rotatoire dextrogyre élevé.

Les liqueurs alcooliques sont distillées et le distillat est déféqué par un peu de sous-acétate de plomb. Après élimination de l'excès de plomb par SO^4H^2 et de l'acide acétique par agitation à l'éther, on reprend par l'alcool fort. Celui-ci ne tarde pas à laisser déposer un sucre qui, après une nouvelle cristallisation dans l'alcool à 80°, a été identifié au mélézitose préparé à partir de la manne de Taschkent. L'alcool, ramené en sirop, abandonne encore un peu de mélézitose qu'on sépare par lavage à l'alcool méthylique.

Les eaux mères de la préparation contiennent 50 pour 100 de matières réductrices et fermentescibles. Les sucres réducteurs ont été extraits à la phénylhydrazine : les hydrazones, décomposées par l'aldéhyde benzoïque,

ont donné un mélange de lévulose, qu'on a pu faire cristalliser à partir du lévulosate de chaux, et de glucose caractérisé par son osazone.

L'identification du mélézitose lui-même a résulté des faits suivants. Le pouvoir rotatoire du sucre séché à l'air était de $\alpha_D + 83°,8$. La détermination de son eau de cristallisation a montré qu'il s'agissait d'un triose à $2H^2O$. Le point de fusion du corps déshydraté était, au bloc Maquenne, de 155°. L'hydrolyse sulfurique, menée parallèlement avec celle du mélézitose extrait de la manne de Taschkent, a fourni un même mélange de glucose et de lévulose, soit 2 molécules du premier pour 1 molécule du second; d'autre part, l'hydrolyse acétique (par de l'acide à 20 pour 100) a donné un mélange de glucose et de turanose, ce dernier biose étant ultérieurement dédoublé par SO^4H^2, ainsi que je l'ai montré précédemment, en glucose et lévulose (1). La caractérisation du mélézitose était donc complète.

Six kilos de feuilles à miellée (mi-juin, début de juillet) ont donné ainsi un sirop contenant 55^g de matière sèche, d'où il a été retiré 22^g de mélézitose à l'état cristallisé.

Quant au mécanisme du phénomène, il paraît dû moins à une exsudation propre des feuilles qu'à l'excrétion des pucerons qui vivent fixés aux nervures de leur face inférieure et qui projettent autour d'eux, par leur extrémité anale, les fines gouttelettes sucrées dont l'ensemble constitue la miellée.

PHYSIOLOGIE. — *Mécanisme de la toux dans les maladies respiratoires.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

Dans toutes les maladies de l'appareil respiratoire, il se produit, plus ou moins fréquemment, des accès, des *quintes de toux*.

Quel est le mécanisme de cette toux? L'enregistrement graphique de la pression de l'air pulmonaire, ou le tonogramme, va nous l'apprendre.

Tout d'abord, la toux est un trouble de l'acte respiratoire caractérisé par un rapide accroissement de pression, et par des ondulations, simples ou multiples, du plateau qui figure l'*expiration*. Elle détermine en un temps très court, $\frac{6}{100}$ à $\frac{7}{100}$ de seconde, une pression 3 à 10 fois supérieure à celle

(1) G. Tanret, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1423. Cette constitution du mélézitose a, depuis, été confirmée par MM. D. Berthelot et Gaudechon, au cours des recherches qu'ils ont poursuivies sur la décomposition des sucres par les rayons ultraviolets (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1506).

de la respiration normale. La force d'impulsion de l'air expiré augmente avec la résistance à vaincre, et occasionne une fatigue souvent pénible.

Avant de se manifester, la toux est précédée d'une inspiration assez profonde : c'est la *période préparatoire*. Puis survient une ascension brusque que j'appellerai « l'onde tussique »; elle dure $\frac{6}{100}$ de seconde; un plateau expiratoire lui succède présentant un ou deux mamelons, et rappelant le *pouls polycrote*. La période préparatoire est de $\frac{16}{100}$ de seconde, le plateau dicrote de $\frac{18}{100}$. En tout, la secousse « tussique » aura duré $\frac{40}{100}$ de seconde.

Le graphique de la toux ne change pas, que l'on respire à nez ouvert ou pincé; dans le premier cas, cependant, l'amplitude est plus marquée, à cause de la plus grande liberté laissée aux oscillations de la colonne d'air. Il est donc certain qu'en tenant la bouche bien close, et le nez, au besoin, pincé entre les doigts, *on atténue la violence des quintes*.

Les accès se traduisent par autant de courbes qu'il y a eu d'efforts expiratoires. Entre ces derniers s'intercalent de brèves inspirations, mais dans l'ensemble la durée des expirations augmente considérablement par la toux. La *ventilation*, comparée à l'état de repos, s'accroît de 70 à 80 pour 100; elle passe de 10 litres à 18 litres lorsqu'on tousse 80 fois par minute, fréquence observée chez les tuberculeux. Cet excès d'air est la cause réelle de l'*éclairement* des sommets dans les radiographies du thorax.

En moyenne, la toux élève la ventilation de 1 pour 100 à chaque secousse. A la longue, le mouvement de l'air pulmonaire se précipite au point de créer de la dyspnée avec menace d'asphyxie.

Ces renseignements éclairent le mécanisme de la toux. Il s'agit *d'ondes aériennes successives*, comme il s'agit d'ondes sanguines dans la circulation. Et tandis que l'onde de respiration normale est continue, ici elle est intermittente, et résulte de la vive impulsion de l'air sous l'effort de contraction des muscles expirateurs. Ceux-ci sont nettement *actifs*; recevant l'irritation par une voie quelconque, ils se contractent violemment sur la masse d'air que renferment les poumons. Il semble que, de même que pour la pulsation cardiaque, la toux procède d'un *tétanos physiologique*, se changeant parfois en un véritable spasme.

Qu'une cause pathologique vienne entretenir l'irritation (froid, inflammation, excitation d'un nerf, mucosités), et l'on assiste à des quintes de toux très fatigantes pour le malade.

La contraction soudaine des muscles fait vibrer toute la masse fluide, la projette contre les cordes vocales plus tendues, et produit *un son* caractéristique.

La *hauteur* de ce son dépend des dimensions du thorax, du contenu des tuyaux bronchiques, du mélange d'air et de sérosités qui s'y trouvent. C'est ce mélange très variable qui vibre tout entier, avec une intensité proportionnée à l'intensité de l'effort musculaire. Dans les maladies respiratoires le son de la toux a une hauteur qui change du fait, précisément, que les mucosités et autres excrétions liquides sont plus ou moins abondantes; et l'intensité va s'affaiblissant avec la prostration des forces du patient.

Ajoutons que la glotte modifie son degré d'ouverture. Suivant les progrès de la maladie, le diamètre glottique descend de 14^{mm} à 10^{mm}, à 8^{mm} et même à 7^{mm}. D'autre part, l'inflammation des parois trachéales et bronchiques peut diminuer légèrement le calibre des tuyaux. On comprend donc pourquoi la toux affecte un *timbre* spécial dans chaque état pathologique, et même dans les conditions normales. Il est possible de reproduire artificiellement toutes ces variations : toux *sèche*, *sifflante*, *rauque*, *coqueluchoïde*, *caverneuse*, etc. L'intérêt de ces observations est que la hauteur et l'intensité s'atténuent dans les états inflammatoires graves, ou cachectiques, à la période de *fonte tuberculeuse* par exemple.

« Du mécanisme nerveux qui donne à la toux une physionomie particulière, écrit Morat (¹), nous ne savons rien. » Toutefois, ce physiologiste admet qu'elle est un *réflexe défensif* provoqué par l'excitation des nerfs laryngés.

Cette origine est probable, mais on peut indiquer comme autres sièges d'excitations le conduit auditif, le voile du palais, les fosses nasales et les filaments pneumogastriques au sein des bronchioles. Nous trouvons aussi que ceux-ci sont influencés par l'*attitude* du corps. Ainsi, lorsqu'on se penche sur un côté, la pesanteur y entraîne les sérosités des poumons, et cette pression suffit pour amener l'irritation.

La toux est pathologiquement un acte *involontaire*, et certainement défensif. Elle est cause de l'expectoration, et c'est par les crachats que les bacilles, dont les alvéoles pulmonaires sont encombrées, se trouvent expulsés, que les sérosités sont évacuées supprimant le danger de l'asphyxie.

Il faut donc *apprendre aux malades à tousser*, ce qui diminuera aussi la fatigue, la douleur et la fièvre.

L'examen des graphiques de toux, au début et au cours d'une affection respiratoire, constitue un élément clinique de réelle valeur.

(¹) MORAT et DOYON, *Traité de Physiologie*, t. 4, 1900, p. 119, et t. 2, 1902, p. 381.

CYTOLOGIE. — *Formation de fibres conjonctives en milieu clos non vivant, aux dépens de protoplasma mort.* Note de M. J. **Nageotte**, présentée par M. Yves Delage.

Ayant observé, dans les plaies expérimentales, la transformation de la fibrine en substance fondamentale, puis en fibres collagènes par une action purement extérieure des cellules conjonctives, j'ai tenté de provoquer le même phénomène dans des espaces clos, séparés des tissus par une membrane permettant la filtration, mais excluant tout contact direct avec les éléments vivants. Dans cette intention j'ai introduit dans les tissus des sacs de collodion contenant du plasma; mais le résultat fut négatif, même au bout d'un temps fort long. La cause de cet échec doit être cherchée soit dans l'imperméabilité de la membrane aux substances capables d'effectuer la transformation, soit dans le défaut de réaction des tissus au voisinage du sac de collodion, ce qui fait que les substances actives ne sont pas sécrétées en quantité suffisante.

Dans les greffes de cartilage mort une expérience semblable se trouve fortuitement réalisée, et elle donne des résultats positifs. Le fait est d'autant plus intéressant que, dans cette nouvelle expérience, la substance albuminoïde transformée en un feutrage de fibres collagènes n'est pas de la fibrine, mais bien la substance protoplasmique des cellules mortes, enfermées dans les capsules closes du cartilage.

D'une part, cette expérience confirme la théorie que j'avais avancée au sujet du mode de formation des substances intercellulaires (1); et d'autre part elle met en évidence une étroite parenté entre les substances albuminoïdes du protoplasma et celles de la trame conjonctive des tissus. Dans un travail antérieur j'ai signalé cette parenté et j'ai montré que « dans un ordre de grandeur différent, la cellule est construite sur le même type que l'organisme tout entier ». La substance intergranulaire ou substance filaire du protoplasma, considérée dans la cellule, est par sa structure l'analogue de la substance intercellulaire ou substance conjonctive, considérée dans l'organisme entier (2).

---

(1) J. Nageotte, *Les substances conjonctives sont des coagulums albuminoïdes du milieu intérieur* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 79, 1916, p. 833); *Essai sur la nature et la genèse des substances conjonctives* (*Ibid.*, p. 1121).

(2) J. Nageotte, *La matière organisée et la vie* (*Scientia*, t. 24, décembre 1918).

Le fait expérimental que je me propose de décrire se présente dans des conditions particulièrement démonstratives. Le cartilage auriculaire du lapin est formé, dans ses couches centrales, de cellules très grandes séparées les unes des autres par des cloisons relativement minces de substance fondamentale. Ces cellules sont creusées d'une grande vacuole adipeuse, accompagnée souvent de vacuoles plus petites (*fig.* 2). Dans les couches superficielles du cartilage, les cellules sont plus petites, aplaties et dépourvues de vacuoles (*fig.* 1).

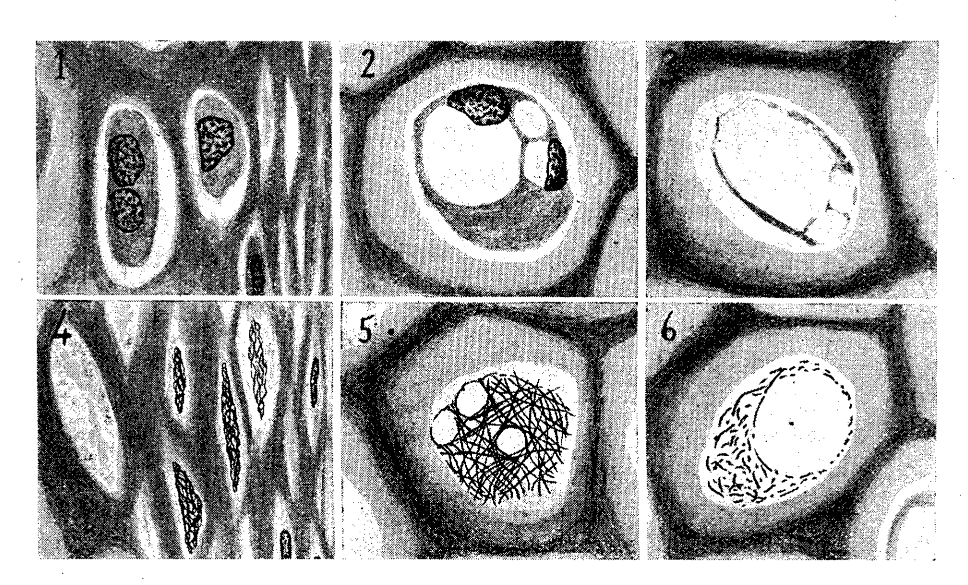


Fig. 1. Cellules aplaties des couches superficielles du cartilage auriculaire du lapin. Fig. 2. Cellule vacuolisée des régions profondes. Fig. 3. Cadavre d'une cellule semblable dans une greffe de cartilage mort datant de 2 mois. Fig. 4. Peloton de fibres collagènes dans les capsules des couches superficielles d'une greffe morte; à droite deux fibroblastes de l'hôte sont venus réhabiter le périchondre. Fig. 5. Corbeille de fibres conjonctives dans une capsule des régions profondes du cartilage, au voisinage d'un point d'ossification; mise au point tangentielle. Fig. 6. Une corbeille semblable avec mise au point équatoriale.

Dans les greffes mortes, les corps cellulaires, qui persistent indéfiniment à l'intérieur des capsules closes, se dessèchent mais conservent dans ses traits essentiels la morphologie des cellules vivantes (*fig.* 3).

Lorsque le protoplasma mort se transforme en fibrilles collagènes, la disposition du feutrage qu'elles constituent se modèle sur celle des parties qu'il remplace. S'il s'agit d'une cellule vacuolisée, une mise au point tangentielle montre une toile délicate formée par l'entrecroisement en divers sens de fibrilles nombreuses, extrêmement fines, qui se colorent intensément

par la fuchsine acide dans le mélange de v. Gieson et par le noir naphtol dans le mélange de de Curtis. Les limites des petites vacuoles du protoplasma restent visibles, car les fibrilles les contournent sans les traverser (*fig.* 5). Une mise au point équatoriale donne au feutrage fibrillaire une silhouette semblable à celle des cadavres de cellules cartilagineuses vacuolisées (*fig.* 6). Dans les capsules des couches superficielles, qui contenaient des cellules non vacuolisées, le feutrage est dense, crépu et forme une masse pleine (*fig.* 4).

A côté de capsules où la transformation est totale, on en voit d'autres où il existe encore des débris protoplasmiques mélangés aux fibrilles conjonctives.

La répartition des cellules transformées en fibrilles collagènes est très intéressante. D'une façon générale ces formations sont peu nombreuses. Les feutrages qui proviennent des cellules cartilagineuses des couches superficielles se retrouvent dans toutes les expériences, mais on les observe exclusivement dans les rangées les plus rapprochées de la grosse masse fibreuse constituée par le périchondre reviviscent. Les corbeilles provenant des cellules vacuolisées des couches centrales, au contraire, n'existent que dans les greffes où se sont développés les noyaux osseux que j'ai fait connaître dans ma dernière Note, et on les trouve seulement dans la couche des capsules closes en contact immédiat avec la masse osseuse.

La transformation du protoplasma mort en fibres collagènes ne se produit donc que dans une zone de diffusion très étroite, au voisinage d'une masse importante de substance collagène; cette masse collagène peut d'ailleurs être de nouvelle formation (noyaux d'ossification), ou bien avoir été apportée par le greffon et restaurée dans ses fonctions physiologiques en même temps que réhabitée par des cellules nouvelles (périchondre).

Naturellement cette expérience ne montre rien du rôle que peuvent jouer les différents constituants du protoplasma dans la transformation qui s'opère, et en particulier elle ne permet pas de savoir si les lipoïdes et la graisse interviennent dans la réaction. Mais tout se passe comme si le phénomène était provoqué par l'action d'une substance très peu diffusible, émanée de sources sclérogènes importantes. La substance cartilagineuse, si perméable aux sels, ne se laisse traverser par ce ferment qu'avec une difficulté manifeste.

PARASITOLOGIE. — *Destruction du Charançon par la chloropicrine.* Note [1] de MM. G. **Bertrand**, **Brocq-Rousseu** et **Dassonville**, présentée par M. Roux.

Parmi les Coléoptères de la famille des Curculionides, le Charançon des céréales et le Charançon du riz comptent parmi les insectes déprédateurs les plus funestes à l'agriculture. Ces petits animaux s'en prennent aux grains de blé, de maïs, de riz, etc., dont il font disparaître presque toute la partie farineuse. Leur puissance de reproduction et leur voracité son telles que tout lot de grain auquel ils s'attaquent peut être considéré comme perdu à brève échéance.

La destruction du Charançon présente donc un grand intérêt au triple point de vue agricole, commercial et économique.

Bien des remèdes ont déjà été proposés : le pelletage souvent renouvelé, le chauffage vers 50°, l'écrasement des grains attaqués à l'aide d'une machine spéciale, l'empoisonnement par le sulfure de carbone, l'ensilage ordinaire ou accompagné de l'action de l'acide carbonique, etc. Tous ces remèdes, dont la critique a déjà été faite à plusieurs reprises, ont des inconvénients parmi lesquels, suivant les cas, l'incomplète efficacité, le prix de revient, le danger d'incendie, etc. Aussi, encouragés par les résultats obtenus dans d'autres recherches, avons-nous étudié l'emploi de la chloropicrine.

Nos recherches ont porté sur le Charançon du riz (*Calandra oryzæ* L.) que l'Intendance militaire nous a procurés en grande quantité avec le maïs dans lequel il se trouve.

Nous avons d'abord examiné l'action de la vapeur toxique sur le Charançon sorti du grain, en opérant exactement de la même manière que dans nos recherches sur la Punaise des lits [2]. 560 individus ont été utilisés. Le Tableau suivant donne les résultats obtenus dans 4 séries comportant chacune 14 expériences. Le volume du flacon était de 8^l; la température comprise entre 20° et 27°.

---

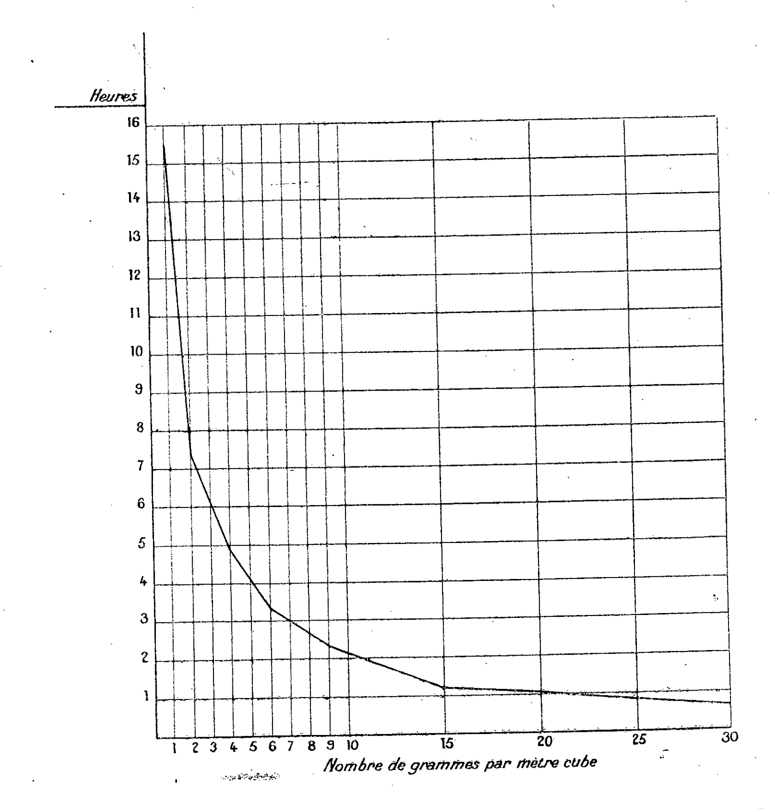
(1) Séance du 3 novembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 441.

Temps pour obtenir la mort des Insectes par la chloropicrine.

	Nombre de grammes par mètre cube.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Série 1.......	15.45	8. 0	6.30	5.15	4.30	3.40	3.15
» 2.......	15.45	7.30	6.30	5. 0	4.30	3.30	3.15
» 3.......	15. 0	7.20	6.10	5. 0	4.10	3.20	3.10
» 4.......	15. 0	7. 0	5.45	4.30	3.45	3.10	2.40
Temps moyens	15.25	7.30	6.14	4.56	4.13	3.25	3. 5

	8.	9.	10.	15.	20.	25.	30.
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Série 1.......	3.10	2.35	2.35	1.25	1.15	1. 0	0.45
» 2.......	2.45	2.25	2.10	1.20	1.10	0.55	0.45
» 3.......	2.45	2.20	2.10	1.20	1.10	0.55	0.40
» 4.......	2.30	2.15	2. 0	1.10	1. 0	0.45	0.40
Temps moyens	2.48	2.24	2.14	1.19	1. 9	0.54	0.53



Nous pouvons, à l'aide de ces temps moyens, construire la courbe ci-dessus.

Nous avons cherché, en nous appuyant sur ces résultats, les conditions dans lesquelles il fallait se placer pour réaliser, en pratique, la destruction des Charançons contenus dans les grains. 1^{hl} du maïs charançonné dont nous nous sommes servi avait comme densité apparente 0,715, et comprenait 62^l réels de grains et 38^l d'air interstitiel. S'il n'avait été nécessaire, pour tuer les Charançons, que de vaporiser les proportions de chloropicrine indiquées dans le Tableau ci-dessus, il aurait suffi de quelques grammes du produit par hectolitre. Mais, d'une part, l'insecte est abrité dans l'intérieur du grain, et, d'autre part, ce dernier fixe, au moins d'une façon passagère, une petite proportion de vapeur toxique. Il faut donc, comme les expériences nous en ont donné la preuve, employer plus de chloropicrine pour tuer les Charançons contenus dans les grains que pour tuer les Charançons libres.

En variant les conditions expérimentales, nous avons vu que les doses à employer varient d'une manière assez sensible avec les circonstances : épaisseur de la couche de grains, durée du contact avec la vapeur de chloropicrine, température, etc.

Le traitement direct du grain contenu dans les sacs, qui est à la fois le plus pratique et le plus difficile, a pu être réalisé avec succès à la suite de nos expériences : en versant de 20^g à 25^g de chloropicrine sur chacun des sacs couchés sur le sol d'un local clos, une vingtaine d'heures ont suffi pour assurer la mort de tous les Charançons, la température étant comprise entre 10° et 12°. Les insectes tués sont presque tous sortis des grains; ils peuvent être facilement éliminés à l'aide d'un tarare et le grain donné en nourriture aux animaux [1].

Cette méthode, très simple et très efficace, assure en même temps la destruction des insectes qui ont pu quitter les grains et se cacher dans les fentes du plancher et des murs du local où s'effectue le traitement.

A 17 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures.

É. P.

---

(1) D'après une analyse parue dans *Chemical Abstracts* (t. 13, 1919, p. 873), W. Moore a observé que la chloropicrine pouvait tuer le Charançon des céréales (*Sitotroga cerealella*), à la dose d'une demi-livre par 1000 pieds cubes. Nous n'avons pas encore pu nous procurer le Mémoire original et prendre connaissance des conditions dans lesquelles l'auteur s'est placé.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'août 1919.

Les enseignements chirurgicaux de la grande guerre (front occidental), par Ed. Delorme. Paris, Maloine, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Laveran.)

Le voyage de circumnavigation du « Bordelais » de 1816 *à* 1819, par L. Doublet. Bordeaux, Gounouilhou, 1919; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Rapport succinct sur l'état du Palais des Académies après le départ des Allemands, par Louis Le Nain. Bruxelles, Hayez, 1919; 1 fasc. 25cm.

Chambre des mines de Madagascar. *Annuaire*, 1918. Tananarive, Imprimerie de l'Imerina; 1 vol. 27cm.

Diamètre et forme du disque lunaire, par S. Chevalier. T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei, Changhaï, 1915; 1 fasc. 31cm.

Amas d'étoiles Messier 22 *N. G. C.* 6656, par S. Chevalier. T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei, Changhaï, 1915; 1 fasc. 31cm.

La Compagnie dei Barracelli in Sardegna, par Alfredo Pino-Branca. Cagliari, Virigilio Mussanti, 1915; 1 fasc. 20cm.

La polizza di Carico in Sardegna durante il periodo mercantilista, par Alfredo Pino-Branca. Cagliari, Floris-Marcello, 1914; 1 fasc. 24cm.

L'influsso delle teorie mercantiliste in Sardegna, par Alfredo Pino-Branca. Cagliari, Floris-Marcello, 1914; 1 fasc. 24cm.

The basic principle of nature and its equations, by Gunnar C. Engstrand. New-York, chez l'auteur, 1919; 1 fasc. 23cm.

De nuttige planten van Nederlandsch-Indië, par K. Heyne, vol. II, III et IV. Batavia, Ruygrok, 1916 et 1917; 3 vol. 25cm.

Statistiek van de scheepvaart in Nederlandsch-Indië over het jaar 1917 *samengesteld*, bij het Hoofdbureau van Scheepvaart. Weltevreden, Albrecht, 1918; 1 vol. 27cm.

Gedenkboek van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam (1769-1919). Rotterdam, 1919; 1 vol. 30cm.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1919.

Un manuscrit inédit de Dolomieu sur la minéralogie du Dauphiné, par A. LACROIX. Grenoble, Allier frères, 1919; 1 fasc. 25cm.

Cours de Chimie à l'usage des étudiants P. C. N. et S. P. C. N., par R. DE FORCRAND, tome II, 2e édit. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 23cm.

Tractat elemental de química per A. Lavoisier, primera part, traduit de l'edició publicada pel Ministeri d'Instrucció pública de França, per MIQUEL A. BALTÀ i FLORENCI COMA. Barcelona, Bellsoley i Llauger, 1919; 1 vol. 21cm.

Annuaire général de la France et de l'étranger, publié sur l'initiative du COMITÉ DU LIVRE, pour l'année 1919. Paris, Comité du Livre, 1919; 1 vol. 20cm.

L'année biologique, 22e année, 1917. Paris, Lhomme, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Yves Delage.)

La probabilité dans les tirs de guerre, par JEAN AUBERT. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Appareil de photorestitution, par H. ROUSSILHE. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1917. Paris, Imprimerie nationale, 1917; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Les spectres numériques, par MICHEL PETROVITCH. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm.

ADDENDA.

A la Note de M. ELIGIO PERUCCA, *Sur les ondes planes latéralement indéfinies*, ... (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, 2e semestre, p. 721, ajoutez l'observation suivante :

« Dans mes remarques, j'ai entendu donner l'interprétation expérimentale du résultat théorique obtenu par M. Roy dans son travail. »

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

M. le **Président** fait part à l'Académie de la perte douloureuse qu'elle vient de faire en la personne de l'un de ses Correspondants, M. *Raphaël Lépine*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilisation de l'acroléine* (III). *Préparation de l'acroléine*. Note de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape**.

1. L'acroléine a été préparée pour la première fois par Redtenbacher ([1]), qui l'obtint en déshydratant la glycérine :

$$C^3H^8O^3 = C^3H^4O + 2H^2O.$$

Après avoir étudié l'action de divers agents déshydratants, cet auteur recommande de chauffer la glycérine, soit avec du bisulfate de potasse, soit avec de l'acide phosphorique, puis d'agiter l'huile brute obtenue avec de l'hydrate de plomb, et de la rectifier à l'abri de l'air, après dessiccation sur le chlorure de calcium neutre.

A quelques détails près, le mode opératoire précédent a été suivi par la plupart des chimistes qui ont eu, depuis lors, à préparer de l'acroléine ([2]). On a généralement

---

([1]) Redtenbacher, *Lieb. Ann.*, t. 47, 1843, p. 113.

([2]) Geuther et Cartnell, *Lieb. Ann.*, t. 112, 1859, p. 2. — Hubner et Geuther, *Ibid.*, t. 114, 1860, p. 35. — Von Romburgh, *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. 36, 1881, p. 549. — Fischer, *Ber.*, t. 20, 1887, p. 3388. — Nef, *Lieb. Ann.*, t. 335, 1904, p. 221. — Mac Leod, *Amer. Chem. Journ.*, t. 37, 1907, p. 35. — Bergh, *Journ. prakt. Chem.*, t. 79, 1909, p. 351. — Lespieau, *Ann. Chim. et Phys*, 8e série, t. 27, 1912, p. 164, etc.

employé, comme agent déshydratant, le bisulfate de potasse, auquel Griner ajoutait $\frac{1}{3}$ environ de sulfate neutre de potasse ([1]). Cependant certains auteurs ont utilisé l'action déshydratante de l'acide borique sur la glycérine ([2]).

En 1908, Senderens ([3]) montre que la réaction de Redtenbacher est de *nature catalytique* et qu'il suffit de chauffer de la glycérine avec 5 pour 100 de son poids environ de sulfate d'alumine ou de bisulfate de potasse pour obtenir un dégagement d'acroléine ; mais, dans ces conditions, le rendement est très inférieur à celui fourni par la dose massive de bisulfate de potasse (deux parties de sel pour une partie de glycérine à 30° B.)

Dans la suite, Wohl et Mylo ([4]) ont étudié systématiquement l'action catalytique déshydratante de divers sulfates de métaux alcalino-terreux et de métaux lourds sur la glycérine, ainsi que l'influence des conditions de contact et de chauffage. Ces auteurs préconisent l'emploi du sulfate de magnésie anhydre, maintenu à 330°-340°, et sur lequel passe de la vapeur de glycérine. Avec 320g-350g de sulfate de magnésie, on peut déshydrater 1kg,5 de glycérine en 5 heures. Le rendement est égal à 60 pour 100 du rendement théorique. Si l'on fait tomber la glycérine liquide sur une pâte formée par le sel catalyseur et de la glycérine, la température de réaction s'abaisse vers 220°, mais le rendement n'est plus égal qu'à 45 pour 100 du rendement théorique ([5]).

2. Les meilleurs procédés de préparation utilisés jusqu'ici présentent de graves inconvénients : opération délicate à conduire, à cause de la formation de mousses abondantes au moment où la réaction s'amorce (sauf dans la méthode de Wohl et Mylo), faible quantité de glycérine traitée, rendements souvent inférieurs à 40 pour 100 du rendement théorique, altération très rapide du produit brut obtenu ([6]), etc.

A la suite de nombreux essais, au cours desquels nous avons étudié divers catalyseurs déshydratants (bisulfate de potasse, sulfate de magnésie, anhydride phosphorique, acide borique, pyrosulfate de potasse, bisulfate de soude, argile), nous avons pu établir un procédé de préparation de l'acroléine exempt des inconvénients signalés ci-dessus.

([1]) Griner, *Ann. Chim. et Phys.*, 6e série, t. 26, 1892, p. 367.

([2]) Wohl et Neuberg, *Ber.*, t. 32, 1899, p. 1352. — Lockemann et Liesche, *Journ. prakt. Chem.*, t. 71, 1905, p. 474.

([3]) J.-B. Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 3, 1908, p. 823; t. 9, 1911, p. 374.

([4]) Wohl et Mylo, *Ber.*, t. 45, 1912, p. 2046.

([5]) Wohl et Mylo, *Ibid.* — Witzemann, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, t. 36, 1914, p. 1766.

([6]) Nous avons indiqué récemment les précautions à prendre pour obtenir de l'acroléine brute susceptible de se conserver sans altération notable pendant plusieurs années [Ch. Moureu et A. Lepape, *Sur la stabilisation de l'acroléine*. II : *Procédé empirique de stabilisation* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 705)].

Le meilleur agent déshydratant de la glycérine paraît être le mélange de bisulfate de potasse (5 parties) et de sulfate neutre de potasse (1 partie). Ce catalyseur fonctionne, en effet, à une température assez basse (température optima : 195°); son activité est élevée (grande vitesse de déshydratation de la glycérine), sa durée est relativement longue et l'acroléine brute obtenue contient peu d'impuretés nocives [1].

On améliore considérablement le rendement en acroléine et l'on évite toute production de mousses non en faisant agir une masse importante de glycérine sur une petite quantité de sel catalyseur, mais, au contraire, en chauffant une pâte formée de quatre parties de sel catalyseur et d'une partie de glycérine, et en renouvelant cette dernière au fur et à mesure que la réaction l'épuise.

Enfin, en vue de réaliser le contact intime et parfait de la glycérine et du sel catalyseur à la température optima de réaction, on agitera le mélange réagissant et l'on évitera toute surchauffe, même locale, du vase à réaction.

3. Ces principes se trouvent appliqués dans le mode opératoire suivant :

Dans un récipient cylindrique en tôle de fer (hauteur = diamètre = 30^{cm}) muni d'un agitateur à palettes râclantes, on chauffe, par l'intermédiaire d'un bain d'air, une pâte formée de 2^{kg} de bisulfate de potasse pulvérisé, $0^{kg},400$ de sulfate neutre de potasse pulvérisé et $0^{kg},600$ de glycérine blonde à 28° B. Le couvercle boulonné du récipient porte trois tubulures : l'une sert à l'introduction continue de la glycérine, la seconde porte un thermomètre, et la troisième, qui permet le dégagement des vapeurs, communique avec un réfrigérant en relation avec un grand ballon de verre chauffé au bain-marie d'eau. Ce ballon porte un thermomètre et communique, à son tour, avec un second réfrigérant, où l'on fait circuler de l'eau très froide.

Dès que la température du vase à réaction dépasse 100°, la réaction s'amorce, et il distille un mélange complexe, formé principalement de vapeur d'eau et de vapeur d'acroléine. On règle la température du premier réfrigérant et celle du grand ballon, de telle manière que le mélange des vapeurs entre dans le second réfrigérant à une température voisine de 70° [2].

Dans le ballon intermédiaire, la majeure partie de l'eau se condense, ainsi que des produits à points d'ébullition élevés, tandis que la fraction restante des vapeurs, qui

(1) Le bisulfate de potasse employé seul a une durée d'activité plus courte que le mélange de bisulfate et de sulfate neutre, et il fournit de l'acroléine brute très acide. Il est curieux de constater que le bisulfate de soude, employé seul ou avec addition de sulfate neutre de soude, conduit toujours à de très mauvais rendements et à un produit très acide.

(2) Dans ces conditions, il passe, en effet, dans l'acroléine brute, la proportion efficace (environ 3 pour 100) des impuretés stabilisantes, ainsi que nous l'avons montré précédemment (Ch. Moureu et A. Lepape, *loc. cit.*).

contiennent toute l'acroléine formée, se liquéfie dans le second réfrigérant. On recueille un liquide formé de deux couches : la couche inférieure est de l'eau saturée d'acroléine (qu'on traitera à part, en fin d'opération, pour en extraire par ébullition l'acroléine dissoute), et la couche supérieure, très mobile et d'aspect jaune verdâtre, est de l'acroléine saturée d'eau et dont la réaction est fortement acide. En dehors de l'eau et de l'anhydride carbonique, corps qui sont sans influence sur la conservation du produit, l'acroléine brute ainsi obtenue contient en dissolution des impuretés nombreuses et mal définies, dont les unes sont stabilisantes et les autres très nocives ([1]). On élimine ces dernières par agitation immédiate de l'acroléine brute décantée avec 10 pour 100 de son poids de bicarbonate de soude pulvérisé sec.

Lorsque la charge initiale de glycérine du vase à réaction est presque épuisée, on la renouvelle par addition continue de glycérine, la vitesse d'écoulement étant réglée de manière que le rendement en acroléine ne fléchisse pas (40 pour 100 environ du poids de la glycérine traitée).

Pendant la majeure partie de l'opération, la température est maintenue vers 195°, et on la porte à la fin jusqu'à 220°.

On arrête l'opération lorsque l'activité catalytique et le rendement diminuent sensiblement ([2]).

La quantité de sels catalyseurs que nous avons indiquée permet de traiter, en 10 heures, 10^{kg} à 12^{kg} de glycérine à 28° B. et d'obtenir 4^{kg} à 5^{kg} d'acroléine brute stable. Celle-ci présente la composition globale suivante :

	Pour 100.
Acroléine	90 à 92
Eau	5 à 6
Impuretés fixes	3 à 4

Après dessiccation par contact, pendant 24 heures, avec du chlorure de calcium fondu, puis rectification soignée, on obtient de l'acroléine pure.

Le rendement en acroléine pure, relativement à la glycérine réelle employée, est voisin des $\frac{2}{3}$ du rendement théorique.

4. Cette méthode de préparation est susceptible d'application industrielle. Pour un appareil 100 fois plus grand que celui que nous avons décrit ci-dessus, et où l'on utilise 100 fois plus de sels catalyseurs (240^{kg}), voici quelques données moyennes déduites d'une série de 20 opérations :

([1]) Ch. Moureu et A. Lepape, *loc. cit.*

([2]) Dans le vase à réaction, il reste, en fin d'opération, une masse saline charbonneuse qu'on désagrège par l'eau bouillante. De la liqueur obtenue, on peut ensuite régénérer le bisulfate de potasse par concentration et cristallisation en milieu très acide.

Poids moyen de glycérine traitée (¹) par opération..........	2.311^{kg}
Production moyenne d'acroléine brute stable par opération ..	934^{kg}
Durée moyenne d'une opération..........................	67^{h},5^{m}
Production moyenne d'acroléine par heure.................	13^{kg},8
Rendement en acroléine pure (pour 100 du rendement théorique).	67,5 %

Ces quelques chiffres suffisent pour caractériser la fabrication industrielle de l'acroléine; ils montrent que, par notre méthode, on peut la réaliser aisément et avec un rendement supérieur à celui obtenu dans les meilleures opérations de laboratoire ou d'essais semi-industriels.

OPTIQUE. — *Compte rendu de la présentation, faite à la séance du 10 novembre, de Cinématographies en couleurs des Établissements Gaumont*. Note de M. **J. Carpentier**.

M. J. Carpentier appelle l'attention de l'Académie sur les récents progrès réalisés dans l'application à la Cinématographie des procédés de la Photographie trichrome.

Cette application, poursuivie depuis des années dans les Établissements Gaumont, a atteint en ces derniers temps un notable degré de perfection. *On peut dire qu'il est aujourd'hui pratique de prendre des vues cinématographiques en couleurs*. La puissance que possédait déjà la Cinématographie, pour fixer la vie, se trouve accrue de ce fait dans une intense proportion.

Les explications verbales ne peuvent donner une idée exacte de l'état actuel de la question. Afin de permettre à l'Académie d'en juger par elle-même, un poste de projection a été installé, grâce à M. Gaumont, dans la salle des séances et des films démonstratifs pourront ainsi se dérouler sous les yeux de l'assistance.

Les diverses solutions pratiques du problème de la photographie des couleurs par les procédés trichromes sont généralement connues. Elles ont été toutes, semble-t-il, entrevues et indiquées, quoique non réalisées, par deux précurseurs français, Charles Cros et Ducos du Hauron, dont le

(¹) Cette glycérine titrait 89,9 pour 100 de glycérine réelle, son extrait sec à 160° était de 0,13 pour 100. Nous avons constaté que les impuretés organiques de la glycérine ont une grande influence sur le rendement en acroléine, sur la vitesse de réaction et sur la durée d'activité des sels catalyseurs.

premier, dès 1868, fit à l'Académie des Sciences le dépôt de sa conception.

Parmi ces solutions, on sait comment M. Lumière a su mettre au point d'une manière remarquable, celle qui, *a priori*, paraissait la plus chimérique. Grâce aux plaques autochromes, il suffit d'un seul cliché pour obtenir et pour projeter une vue en couleurs.

Une autre solution, celle à laquelle s'attachèrent, tout d'abord, chacun de son côté, Charles Cros et Ducos du Hauron, consiste à prendre du modèle à photographier trois négatifs à travers trois chromofiltres, teintés chacun respectivement en l'une des trois couleurs fondamentales, dont la superposition reconstitue le *blanc*.

De ces clichés on tire des diapositives. Dans le cas où l'on veut faire en projection la synthèse de la reproduction, ces diapositives doublées chacune de son filtre générateur, sont projetées simultanément sur un même écran, avec trois objectifs identiques et, moyennant une coïncidence irréprochable, elles reconstituent par leur combinaison le modèle original.

Cette solution d'apparence plus compliquée, est celle qu'a adoptée M. Gaumont, et cela surtout pour des raisons d'éclairage. Sur ses films, les images se succèdent par groupes de trois et l'appareil, avec une source lumineuse unique, comporte trois objectifs.

Quand on connaît les difficultés qu'on rencontre à obtenir trois diapositives appropriées à la projection trichrome et quand on songe à l'aggravation qui, pour leur obtention, résulte en Cinématographie du nombre de prises de vues et de projections exigé, de la rapidité avec laquelle les opérations se succèdent et de la brusquerie, peut-on dire, avec laquelle s'exécutent les mouvements, on ne peut marchander les éloges à ceux qui ont su vaincre ces difficultés.

Parmi ces difficultés une des plus grandes certainement réside dans le repérage parfait et continu des images sur l'écran. Pour concevoir l'importance de la condition à réaliser, il faut savoir que les diapositives projetées mesurent 13^{mm} sur 24^{mm} et que le grossissement approche en surface le coefficient 15000. Or, le plus petit décalage d'une monochrome donne naissance sur les contours des images à des cernes colorés qui jettent le trouble, mangent les menus détails et détruisent, en un mot, la finesse de la projection. On se fait une idée de la petitesse du déplacement de cliché qui suffit pour produire sur l'écran un décalage exorbitant.

Pour rétablir la coïncidence, fortuitement détruite, des trois monochromes, il suffit évidemment de ramener deux d'entre elles sur la troisième, prise comme centre. Pour déplacer, d'autre part, une monochrome

sur l'écran, il suffit de déplacer sur sa planchette l'objecif qui la projette. Tout revient donc à pouvoir régler exactement la position de deux objectifs. C'est ce que permet d'effectuer aisément, à distance, un organe ingénieux qui a reçu le nom de *correcteur*. Le correcteur consiste en un petit caisson, à travers le fond supérieur duquel émergent deux leviers verticaux, mobiles en tous sens autour de genouillères inférieures, comme les leviers qui, dans les avions, servent à actionner les plans gouvernails. Chacun de ces leviers, que l'opérateur peut saisir entre les doigts, contrôle une des monochromes déplaçables et son action, laquelle dépend de la position qu'il reçoit, est immédiatement transmise, par fil électrique, avec une extrême sensibilité, à l'objectif correspondant. L'opérateur peut être placé n'importe où; il suffit qu'il tienne les yeux fixés sur l'écran; en manœuvrant les leviers, il fait, à la demande, monter, descendre, marcher à droite ou à gauche, l'une ou l'autre des monochromes, dès qu'elles tendent à s'écarter de leurs positions normales. La manœuvre est d'une facilité et d'une efficatité surprenantes. Le premier venu, du premier coup, l'exécute aisément et, pour un opérateur exercé, elle devient instinctive et instantanée comme les réflexes de l'organisme.

Quelques autres perfectionnements caractérisent l'œuvre de M. Gaumont; l'un des plus importants concerne le choix des teintes des chromofiltres qui a permis d'atteindre dans la reproduction des couleurs un nouveau degré d'exactitude.

La photographie des couleurs par les procédés trichromes ne prétend pas à l'exactitude *absolue* de la reproduction. A côté de la solution du problème par la méthode interférentielle, due à M. Lippmann, et qui donne à l'esprit une satisfaction théorique incomparable, la photographie trichrome n'est sans doute qu'une approximation; mais il ne faut pas abuser contre elle des critiques, théoriques aussi, qu'on lui oppose. L'œil humain, qui est un instrument merveilleux, est beaucoup moins intransigeant que le raisonnement et quand un procédé pratique parvient à lui donner, à lui, satisfaction à peu près complète, on peut dire qu'il fournit la preuve que, en dépit des considérations théoriques, le but à atteindre est plus rapproché qu'on ne suppose. Les résultats soumis à l'Académie apportent à cette démonstration un sérieux appui.

L'opportunité de leur présentation à l'Académie, à la date où elle vient, c'est-à-dire à la veille de l'anniversaire de l'Armistice, sera soulignée par le fait que l'une des projections, qui vont l'illustrer, reproduit le spectacle du défilé de la Victoire, pris directement le 14 juillet dernier. Ce spectacle,

dont la vision réelle est à jamais tombée dans le domaine des souvenirs, restitué avec presque toutes les apparences de la vie, soulèvera toujours l'émotion patriotique de tous les Français. Cette restitution n'a encore été montrée à aucun public; la primeur en a été réservée à l'Académie.

M. L. **Favé** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Marégraphe plongeur. Appareil enregistrant les marées sur les côtes et au large.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Dedekind*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 49,

Sir J. J. Thomson	obtient	46 suffrages
M. Ch. D. Walcott	»	2 »
M. A. Michelson	»	1 suffrage

Sir **J. J. Thomson**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de deux de ses Membres qui feront partie de la *Commission de la Maison de l'Institut de France à Londres.*

MM. **G. Lippmann** et **Th. Schlœsing** réunissent la majorité absolue des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de *Chimie appliquée aux corps organiques*, déclarée vacante au Muséum d'histoire naturelle par arrêté en date du 31 juillet 1919.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Relations remarquables entre les élements du système solaire, par Lucien Demozay. (Présenté par M. B. Baillaud.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions de l'équation $\Delta u = \lambda u$, analytiques et bornées dans un domaine infini, nulles sur sa frontière.* Note [1] de M. **Georges Bouligand.**

Reprenons les considérations d'un travail antérieur [2] en substituant à l'équation de Laplace l'équation plus générale

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \lambda V. \tag{1}$$

Supposons d'abord que λ soit positif. Soit un domaine infini D d'un seul tenant, dont les différentes parties n'empiètent pas les unes sur les autres. Il est remarquable que, *sans faire d'autre hypothèse*, on puisse ici énoncer, en toute généralité, le résultat suivant :

Toute solution de (1), *continue dans* D *ainsi que ses dérivées des deux premiers ordres, et s'annulant sur sa frontière* φ, *s'annule en tout point de* D *si elle est bornée dans ce domaine.*

Pour établir ce résultat, raisonnons comme pour l'équation de Laplace et soit encore $\mathfrak{M}$ la borne supérieure de $|V|$ dans D. Soit A un point intérieur à D, auquel nous faisons correspondre, comme précédemment, un domaine Δ formé par les points de D situés dans une certaine sphère de centre A et de rayon R arbitrairement grand. En raisonnant sur la fonction de Green de l'équation (1) comme nous l'avons fait pour la fonction de Green harmonique, nous sommes aisément conduits à l'inégalité

$$|V_A| < \mathfrak{M} \frac{\sqrt{\lambda} R}{\operatorname{sh}(\sqrt{\lambda} R)},$$

(1) Séance du 6 octobre 1919.
(2) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 763.

dont le second membre est aussi petit qu'on veut, ce qui établit la proposition.

Par contre, lorsque λ est négatif, le fait pour une solution de (1) d'être analytique et bornée en tout point d'un domaine D, et nulle sur sa frontière, n'entraîne pas qu'elle s'annule en tout point de D. Prenons trois axes rectangulaires Ox, Oy, Oz et prenons pour domaine D l'intérieur du trièdre $Oxyz (x \geqq 0, y \geqq 0, z \geqq 0)$. Les fonctions $V = \sin\alpha x \sin\beta y \sin\gamma z$ s'annulent sur les faces du trièdre et sont bornées, mais, en général, non nulles à l'intérieur. Or, pour $\lambda = -(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)$, elles sont solutions de (1). Nous n'aborderons pas ici la recherche des solutions de (1) s'annulant sur la frontière d'un domaine D quelconque, en les supposant analytiques et bornées dans ce domaine : elle exige à elle seule d'assez longs développements.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul aux différences finies.* Note de M. **N.-E. Nörlund**, présentée par M. Appell.

1. Dans ma Communication du 22 septembre dernier, j'ai étudié l'équation

$$\underset{\omega}{\Delta} F(x) = \varphi(x), \tag{1}$$

$\varphi(x)$ étant une fonction donnée qui satisfait à une certaine condition. J'ai défini la solution principale par la limite

$$F(x \mid \omega) = \lim \left\{ \int_a^\infty \varphi(z)\, e^{-\eta z}\, dz - \omega \sum_{s=0}^{\infty} \varphi(x + s\omega)\, e^{-\eta(x+s\omega)} \right\}. \tag{2}$$

Je veux maintenant indiquer diverses autres expressions analytiques qui représentent la même solution. Soit h un nombre tel que $0 \leqq h \leqq \omega$. En transformant l'expression (2) à l'aide de la formule sommatoire d'Euler, on trouve, après un double passage à la limite,

$$\begin{aligned} F(x + h \mid \omega) = \int_a^x \varphi(z)\, dz + \sum_{\nu=1}^{\nu=m} \frac{B_\nu(h \mid \omega)}{\nu!} \varphi^{(\nu-1)}(x) \\ + \int_a^\infty \frac{\dot{B}_m(h - z)}{m!} \varphi^{(m)}(x + z)\, dz. \end{aligned} \tag{3}$$

$B_\nu(z \mid \omega)$ est le polynome de Bernoulli et $\dot{B}_\nu(z)$ est une fonction périodique avec la période ω qui, dans l'intervalle $0 \leqq z \leqq \omega$, est égale au polynome de

Bernoulli $B_\nu(z \mid \omega)$. Soit en particulier $h = 0$, il vient

$$(4) \qquad F(x \mid \omega) = \int_a^x \varphi(z)\, dz + \sum_{\nu=1}^{m} \frac{B_\nu \omega^\nu}{\nu!} \varphi^{(\nu-1)}(x) + R_{m+1},$$

où

$$R_{m+1} = \int_0^\infty \frac{\dot{B}_m(-z)}{m!} \varphi^{(m)}(x+z)\, dz,$$

les B_ν étant les nombres de Bernoulli. Si l'on fait tendre m vers l'infini, ces deux séries seront le plus souvent divergentes, mais on peut opérer avec elles en toute sûreté en tenant compte du terme reste. Le point $\omega = 0$ est, en général, un point singulier de la fonction $F(x \mid \omega)$, mais elle se développe suivant les puissances de ω comme l'indique la série (4). Cette série est asymptotique en ω. *Elle représente la fonction du premier membre asymptotiquement pour les valeurs positives et très petites de* ω.

Voici une autre propriété remarquable de la série (4). Soit maintenant ω un nombre positif fixe. Quand x tend vers l'infini, le terme reste tend vers zéro, mais, en général, les dérivées de $\varphi(x)$ d'ordre inférieur à m ne tendent pas vers zéro. Le développement (4) indique donc, d'une manière très précise, comment se comporte la fonction $F(x \mid \omega)$ pour les valeurs positives et très grandes de x.

Des propriétés connues des polynomes de Bernoulli, on conclut sans peine que le terme reste de la série (4) peut s'écrire sous la forme

$$(5) \qquad R_m = -\frac{\omega^{m+1} B_m}{m!} \sum_{s=0}^{\infty} \varphi^{(m)}(x + s\omega + \Theta\omega),$$

pourvu que m soit pair. Θ est en nombre entre zéro et *un*. On peut, dans certains cas, trouver une expression plus simple et plus précise du terme reste. Supposons un instant que, quand z croît de x à l'infini, la dérivée $\varphi^{(m)}(z)$ tend vers zéro en variant toujours dans le même sens, et qu'il en est de même de $\varphi^{(m+1)}(z)$. Dans ces conditions, on trouve, au lieu de l'expression (5),

$$R_m = \frac{\omega^m B_m}{m!} \varphi^{(m-1)}(x + \Theta\omega), \qquad \text{où} \qquad 0 < \Theta < \frac{1}{2}.$$

La série de Stirling est un cas particulier de la série (4) et l'on voit qu'elle possède la même propriété que la série de Stirling : quand on s'arrête à un certain terme, l'erreur commise est plus petite que la valeur absolue du premier terme négligé.

2. De l'équation (4) on déduit, en tenant compte de l'équation (1), que

$$F(x\,|\,\omega) = \lim_{p=\infty}\left[-\omega\sum_{s=0}^{p-1}\varphi(x+s\omega) + \int_a^{x+p\omega}\varphi(z)\,dz + \sum_{\nu=1}^{m}\frac{B_\nu\omega^\nu}{\nu!}\varphi^{(\nu-1)}(x+p\omega)\right],$$

Cette limite peut avec avantage remplacer la limite (2) dans le cas actuel, mais elle est d'un caractère moins général que (2). On peut aussi représenter notre solution par une série convergente. De l'équation (4) on déduit en effet que

$$F(x\,|\,\omega) = \int_a^x \varphi(z)\,dz + \sum_{\nu=1}^{m}\frac{B_\nu\omega^\nu}{\nu!}\varphi^{(\nu-1)}(x) - \omega\sum_{s=0}^{\infty}[\varphi(x+s\omega) - p(x+s\omega)],$$

où l'on a posé

$$p(x) = \frac{1}{\omega}\int_x^{x+\omega}\varphi(z)\,dz + \sum_{\nu=1}^{m}\frac{B_\nu\omega^\nu}{\nu!}\Delta_\omega\,\varphi^{(\nu-1)}(x).$$

3. La fonction $F(x\,|\,\omega)$ peut se représenter par une série trigonométrique convergente, de la forme

$$F(x\,|\,\omega) = a_0 + 2\sum_{s=1}^{\infty}\left(a_s\cos\frac{2\pi s x}{\omega} + b_s\sin\frac{2\pi s x}{\omega}\right).$$

Ce développement est valable dans l'intervalle $x_0 < x < x_0 + \omega$, si l'on détermine les coefficients de la manière suivante :

$$(6)\qquad a_0 = \int_a^{x_0}\varphi(z)\,dz,\qquad a_s = -\lim_{\eta=0}\int_{x_0}^{\infty}\cos\frac{2\pi s z}{\omega}\,\varphi(z)\,e^{-\eta z}\,dz,$$

$$(7)\qquad b_s = -\lim_{\eta=0}\int_{x_0}^{\infty}\sin\frac{2\pi s z}{\omega}\,\varphi(z)\,e^{-\eta z}\,dz.$$

On arrive, en effet, aisément à ces valeurs des coefficients en remarquant que l'expression (2) tend uniformément vers sa limite et il va sans dire que les limites (6) et (7) existent. On peut d'ailleurs, si l'on aime mieux, exprimer les coefficients par des intégrales convergentes. On trouve, par exemple, si m est pair

$$a_s = -\sum_{\nu=1}^{m}\left(\frac{\omega}{2\pi s}\right)^\nu \varphi^{(\nu-1)}(x_0)\cos\left(\frac{2 s x_0}{\omega} + \frac{\nu}{2}\right)\pi$$
$$-(-1)^{\frac{m}{2}}\left(\frac{\omega}{2\pi s}\right)^m\int_{x_0}^{\infty}\varphi^{(m)}(z)\cos\frac{2\pi s z}{\omega}\,dz.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les cycles limites.* Note de M. **Henri Dulac**, présentée par M. Hadamard.

1. L'étude des courbes définies par une équation différentielle

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}, \tag{1}$$

où P et Q sont, pour fixer les idées, des polynomes en x et y, permet, d'après les travaux de Poincaré complétés par ceux de M. Bendixson, de donner les énoncés suivants, dans lesquels nous désignerons les courbes considérées sous le nom de *caractéristiques* et où un *cycle* sera une caractéristique fermée.

A. Les coordonnées d'un point d'un arc de courbe (S) étant exprimées en fonction d'un paramètre, soient M et M_0 deux points voisins situés sur (S), de paramètres t et t_0, d'où partent deux caractéristiques voisines (C) et (C_0) qui, suivies dans le même sens, vont couper de nouveau l'arc (S) en M' et M'_0 de paramètres t' et t'_0. Si l'arc $M_0M'_0$ de C_0 ne contient aucun point singulier de l'équation (1) et si (C_0) n'est pas tangente en M_0 à (S), on a $t' = g(t)$, $g(t)$ étant une fonction holomorphe de t dans le voisinage de t_0. La loi de conséquence qui lie M' à M est holomorphe.

On sait qu'il n'y a pas lieu de parler de la loi de conséquence, si l'arc $M_0M'_0$ de (C_0) passe à l'intérieur d'une région nodale relative à un point singulier.

B. Si un cycle (Γ) ne passe ni par un *col*, ni par un *point singulier multiple* (point d'intersection multiple des courbes $P = 0$, $Q = 0$), il est possible de déterminer de part et d'autre de (Γ) deux régions annulaires adjacentes à (Γ), l'une (I) intérieure à (Γ), l'autre (E) extérieure, telles que, pour chacune d'elles, on soit dans l'un des cas suivants :

1° *Aucune des caractéristiques passant dans la région n'est un cycle;*

2° *Toutes les caractéristiques passant dans la région sont des cycles.*

Si le cas 1° se présente, le cycle (Γ) est un *cycle limite.*

C. Si aucun cycle limite ne passe par un col ou un point singulier multiple, les cycles limites sont en nombre fini.

2. L'étude des caractéristiques qui passent dans le voisinage d'un *col* ou d'un *point singulier multiple* m'a permis de généraliser les résultats ci-dessus de la manière suivante :

A'. Si l'arc $M_0M'_0$ de (C_0) passe par un seul col, la loi de conséquence entre M et M' se met, en prenant $t_0 = 0$, sous la forme

$$t' - t'_0 = t^\lambda f(t);$$

λ est un nombre positif égal à la valeur absolue du rapport des racines de l'équation caractéristique relative au col; la fonction $f(t)$, définie pour t voisin de o, n'est pas nulle pour $t = 0$, et se présente sous la forme d'une série dont les termes sont des séries en t et t^λ, si λ n'est pas rationnel. Bien que f ne puisse être, en général, considérée comme une série entière en t et t^λ, elle jouit de la propriété suivante, qui suffit pour les démonstrations que je veux établir : quel que soit le nombre positif s, on a

$$f(t) = F_s(t) + t^s \varphi(t), \tag{2}$$

F_s étant un polynome en t et t^λ et $\varphi(t)$ restant fini pour $t = 0$.

Si λ est rationnel, ou si l'arc $M_0M'_0$ passe par plusieurs cols ou par des points singuliers multiples, la loi de conséquence doit être modifiée, mais elle jouit toujours d'une propriété analogue à celle exprimée par l'égalité (2), propriété qui suffit pour l'emploi de cette loi dans les démonstrations.

B'. La propriété (B) subsiste pour un cycle passant par un ou plusieurs cols ou points singuliers multiples. Si plusieurs cycles ont un point commun (un col par exemple), une des régions annulaires de l'énoncé (B) est commune à tous ces cycles

Pour les cycles considérés dans l'énoncé (B), celui des cas 1° ou 2° de cet énoncé qui se produit pour la région (E) se produit aussi pour la région (I), tandis que parmi les cycles passant par des cols ou des points singuliers, il peut y avoir des cycles tels que l'un des cas 1° ou 2° se présente pour la région (I) et l'autre cas pour la région (E). Je désignerai ces cycles sous le nom de *cycles séparateurs*.

C'. *Les cycles limites sont en nombre fini.*

La méthode que j'ai suivie pour établir la propriété (B') permet de trouver des *conditions nécessaires pour que toutes les caractéristiques situées dans une région soient des cycles*. Une seule de ces conditions, en général, s'obtient algébriquement, les autres se présentent sous forme transcendante. Par exemple, si un cycle (Γ_0) ne passe que par un seul col, on trouve comme condition algébrique que le nombre λ de l'énoncé (A') doit être égal à 1, pour que dans l'une au moins des régions adjacentes à Γ_0 il n'y ait que des cycles.

Il résulte de ce qui précède que les *cycles séparateurs* divisent le plan en un nombre fini de régions. *Dans chacune de ces régions, ou bien toutes les caractéristiques sont des cycles, ou bien il n'y a qu'un nombre fini de cycles.*

3. Le nombre et la position approximative des cycles contenus dans une région s'obtiennent assez facilement dans les applications. Il en est ainsi, par exemple, dans l'étude du vol, dans un plan vertical, d'un appareil de forme invariable. Il m'a paru difficile de donner des résultats généraux. Pour prendre un exemple relativement simple, supposons qu'en coordonnées polaires on ait l'équation différentielle

$$\frac{d\rho}{d\omega} = P(\rho, \omega),$$

où P, polynome de degré n en ρ, est une fonction de ω continue et de période 2π. Si cette équation admet plus de n cycles, toutes ses caractéristiques sont des cycles, si $n = 1$ ou $n = 2$; mais ce résultat est inexact pour $n = 3$.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur les surfaces réglées du quatrième ordre à deux droites doubles.* Note de M. **Octave Mayer**, présentée par M. P. Appell.

1. Ces surfaces, qui rentrent comme première espèce dans la classification de Cayley, et comme onzième espèce dans celle de Cremona, ont fait l'objet de peu de recherches.

On sait qu'elles admettent huit points cuspidaux (pinch points) répartis par quatre sur les deux droites doubles et l'on peut voir aisément qu'on peut former avec ces points douze tétraèdres par rapport auxquels l'équation de la surface est de la forme

$$R^4 \equiv \Omega^2 - 4xyzt. \qquad \Omega \equiv x(az + bt) + y(a'z + b't).$$

Cette forme est la plus simple à laquelle on puisse ramener l'équation de la surface R^4 et l'on en peut déduire une foule de propriétés, dont je vais énoncer les plus remarquables.

2. La surface R^4 possède douze familles de quadriques inscrites, $(\Sigma_i)(i = 1, 2, \ldots, 12)$, qui la touchent suivant des biquadratiques de première espèce. A chaque tétraèdre de référence ABCD, correspond une famille Σ_i ayant pour équation

$$\Sigma_{i\lambda} \equiv \lambda^2 xy + \lambda\Omega + zt = 0.$$

Ces quadriques passent par les points cuspidaux A, B, C, D et touchent les plans cuspidaux α_1, β_1, γ_1, δ_1 qui correspondent aux points cuspidaux restants, A_1, B_1, C_1, D_1; elles touchent aussi les huit génératrices singulières qui passent par les points cuspidaux.

Il existe, parmi les quadriques Σ_i, deux qui passent par un point donné, quatre qui touchent une droite et deux qui touchent un plan arbitraire.

Une droite de la congruence linéaire [Δ], dont les directrices sont les deux droites doubles, coupent les quadriques Σ_i suivant des couples de points qui forment un rapport anharmonique m, constant, avec les points où la droite considérée rencontrent les droites doubles. Les droites de la congruence, pour lesquelles le rapport m est le même, décrivent la surface réglée

$$R_k^4 \equiv \Omega^2 - 4kxyzt, \qquad k = \frac{(1+m)^2}{4m}.$$

Inversement, la surface R^4 est engendrée par une droite qui s'appuie constamment sur les droites doubles et coupe ces droites et une quelconque des quadriques

$$S_{pqr} \equiv pxy + q\Omega + rzt = 0,$$

suivant un rapport anharmonique constant, donné par l'équation

$$pr(1+m^2) = 4q^2m.$$

Lorsqu'on maintient fixe la quadrique S_{pqr}, et que l'on fasse varier le rapport m, on obtient toutes les surfaces R_k^4.

Corrélativement, les plans tangents menés aux quadriques Σ_i par une droite Δ forment un rapport anharmonique constant avec les plans déterminés par cette droite et les droites doubles; on en déduit un mode de génération de la surface R^4, corrélatif du précédent.

Les plans polaires d'un point fixe p, par rapport aux quadriques Σ_i, enveloppent un cône du second ordre, tangent aux droites doubles. Si le point p est situé sur une droite double, ses plans polaires passent par une droite fixe π; les droites π relatives aux points des deux droites doubles engendrent deux semi-quadriques π, π' qui ont pour directrices les polaires des droites doubles par rapport aux quadriques Σ_i.

Corrélativement, les pôles d'un plan fixe P, par rapport aux quadriques Σ_i, décrivent une conique qui, lorsque le plan P contient une droite double, est réduite à une droite appartenant à l'une ou à l'autre des semi-quadriques π, π'

Les polaires d'une droite fixe, relativement aux quadriques Σ_i engen-

drent une surface réglée rationnelle, du quatrième ordre; si, en particulier, la droite fixe s'appuie sur les droites doubles, ses polaires décrivent une semi-quadrique ayant les droites doubles pour directrices.

Les plans qui touchent les quadriques Σ_i aux points de rencontre avec une droite Δ passent par deux droites fixes, directrices de la semi-quadrique précédente.

3. La surface R^4 possède encore quatre familles de quadriques inscrites que je désignerai par (T_i), $i = 1, 2, 3, 4$. Deux de ces familles ont pour équations, par rapport au tétraèdre ABCD :

$$T_{1\mu} \equiv \mu^2 xz + \mu\Omega + yt = 0, \qquad T_{2\nu} \equiv \nu^2 xt + \nu\Omega + yz = 0.$$

Les quadriques (T_i) contiennent les droites doubles et touchent la surface R^4 suivant deux génératrices. Elles ont les mêmes caractéristiques que les familles (Σ_i).

Parmi les quadriques T_i il y a quatre couples de plans cuspidaux qui se coupent suivant quatre droites bicuspidales (c'est-à-dire des droites qui joignent deux points cuspidaux).

Ces quatre droites appartiennent à une même semi-quadrique V_i qui jouit aussi de la propriété de transformer en elles-mêmes, par polaires réciproques, les quadriques (T_i) et la surface R^4.

Les plans polaires des points situés sur les quatre droites bicuspidales relatives à la famille (T_i) et les pôles des plans qui passent par ces droites, pris par rapport aux quadriques T_i, passent par des droites fixes appartenant à la semi-quadrique V'_i, complémentaire de V_i.

Une quadrique Σ_1 coupe une quadrique T_1 ou T_2 suivant deux coniques dont les plans passent par deux droites bicuspidales.

4. Une quadrique Q, qui contient les droites doubles de la surface R^4, a encore en commun avec la surface quatre génératrices g, g', h, h'. Si l'on maintient fixes deux de ces génératrices g, g', les deux autres h, h' se correspondent dans une involution H sur la surface R^4; on peut engendrer la même involution au moyen d'une infinité de couples (g, g') qui forment aussi une involution G de même nature que H, et associée à celle-là.

Il existe, sur la surface R^4, ∞^1 involutions G et H.

Deux couples de génératrices appartenant à des involutions associées peuvent être réunies par une quadrique Q, qui passe aussi par les droites doubles.

Les congruences linéaires de droites, qui ont pour directrices les couples

de génératrices de deux involutions associées G et H, engendrent un complexe K du second ordre dont R^4 est la surface singulière. Les complexes K sont polaires d'eux-mêmes par rapport aux quadriques V_i.

Une droite donnée peut appartenir à trois complexes K.

5. Remarquons enfin qu'on peut déduire facilement de ce qui précède, des propriétés concernant les systèmes de coniques quadruplement tangentes aux quartiques planes binodales.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le calcul approché des éléments des Jacobiens critiques d'ordre élevé.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Le calcul précis des éléments d'un Jacobien critique d'ordre n, par la méthode de Liapounov, exige la connaissance de valeurs approchées de ces éléments.

Nous avons indiqué [1] qu'une méthode d'approximation assez sûre consistait à assimiler le Jacobien à un ellipsoïde de révolution, et par conséquent à substituer aux fonctions de Lamé des fonctions adjointes de Legendre. Lorsque n est grand, en remplaçant les fonctions de Legendre par leur valeur approchée, nous avons montré qu'on était conduit à résoudre l'équation

$$-\frac{\cos(2n+1)\theta}{2n+1}=\sqrt{r^2-1}\,P_1^1(r)\,Q_1^1(r)$$

avec $r=\operatorname{ch}\theta$. La connaissance de θ, solution de cette équation, suffit pour déterminer les valeurs approchées demandées. P_1^1 et Q_1^1 sont les fonctions adjointes de Legendre, d'ordre 1, de première et de seconde espèce.

La résolution de cette équation est encore assez pénible et exige l'emploi de tables des fonctions hyperboliques. Il serait bien préférable, étant connue la valeur de θ correspondant au Jacobien critique d'ordre n, soit θ_n, d'avoir une formule permettant d'en déduire rapidement une valeur approchée pour θ_{n+1}. Dans ce but, remarquons que lorsque n croît, r_n tend vers 1, et par conséquent θ_n vers zéro.

Si nous négligeons les termes d'ordre supérieur à θ_n^2, nous pouvons remplacer $\sqrt{r_n^2-1}$, c'est-à-dire $\operatorname{sh}\theta_n$, par θ_n; d'ailleurs le produit $P_1^1(r)\,Q_1^1(r)$

(1) *Sur les surfaces de Poincaré* (*Thèse de doctorat*, Paris, 1918, p. 16-18).

tend vers -1 quand r tend vers 1. L'équation devient alors

$$\frac{\cos(2n+1)\theta_n}{2n+1} = \theta_n.$$

Désignant par α la racine de l'équation

$$\cos x = x,$$

nous aurons

$$(2n+1)\theta_n = \alpha,$$

et si l'on remplace n par $n+1$,

$$(2n+3)\theta_{n+1} = \alpha.$$

Donc θ_{n+1} se déduira de θ_n par la formule très simple

$$\theta_{n+1} = \frac{2n+1}{2n+3}\theta_n.$$

L'élément ρ de Liapounov correspondant à l'ordre n, soit ρ_n, est lié à r_n et à θ_n par

$$\rho_n = r_n^2 - 1 = \operatorname{sh}^2\theta_n.$$

Donc, à notre degré d'approximation,

$$\rho_n = \theta_n^2.$$

Et l'on déduira de ρ_n une valeur approchée de ρ_{n+1} par la formule

(1) $$\rho_{n+1} = \left(\frac{2n+1}{2n+3}\right)^2 \rho_n.$$

Rappelons que les valeurs approchées des axes du Jacobien, supposé de résolution, sont alors

$$A = B = \sqrt[6]{\frac{\rho}{\rho+1}},$$

$$C = \sqrt[3]{\frac{\rho+1}{\rho}}.$$

Pour $n=5$, nous avons obtenu par le calcul précis la valeur

$$\rho_5 = 0{,}02899.$$

La formule (1) nous donne alors comme valeur approchée de ρ_6: 0,0207; or la valeur exacte [1] est extrêmement voisine de 0,0200. L'approximation est déjà dans ce cas très satisfaisante. On peut donc présumer qu'on a sensiblement $\rho_7 = 0{,}015$, $\rho_8 = 0{,}011$, etc.

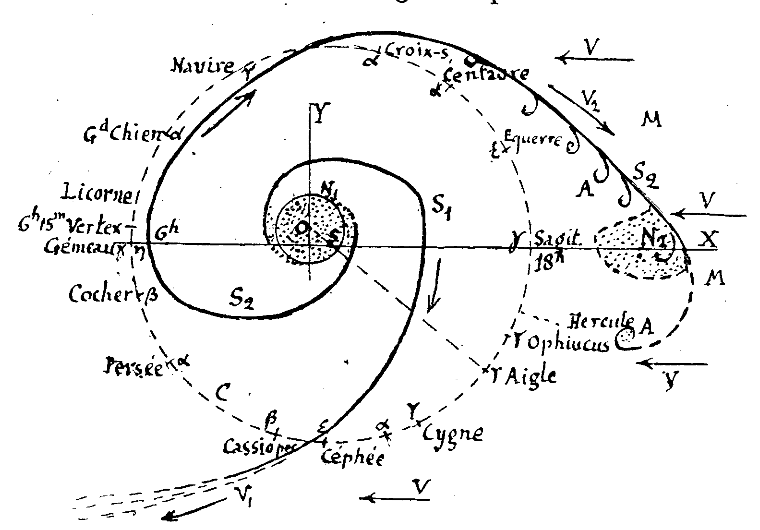
---

[1] *Loc. cit.*, p. 70, 77.

ASTRONOMIE. — *Précisions sur la structure de notre Univers stellaire, déduites de la cosmogonie dualiste et tourbillonnaire.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

L'unité de plan géométrique et dynamique apparaît nettement dans tous les systèmes cosmiques : satellites, planètes, soleils, groupés dans des plans (Équateur, Écliptique, Voie lactée). Ainsi que je l'ai montré dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1097) la même genèse dualiste (choc d'un noyau sphéroïdal sur une nébuleuse amorphe) rend compte de la formation d'un système planétaire (ou satellitaire) ou d'une nébuleuse spirale suivant que le choc a lieu dans la région polaire ou équatoriale du noyau. Cette unité de plan cosmique permet de transposer dans notre Univers stellaire assimilé à une nébuleuse spirale les faits connus dans le système planétaire et les nébuleuses spirales.

Forme générale en plan de notre Univers stellaire. — Figurons avec le Soleil S pour centre les constellations galactiques sur un cercle C. Imagi-



nons qu'en plan notre Univers stellaire est représenté par la nébuleuse des Chiens de chasse de centre O dont les spires seront dilatées dans le sens OY pour tenir compte de ce qu'elle est vue en projection oblique sous un angle de 40° environ. Menons SX par le centre de figure de la nébuleuse secondaire N_2 qui termine la branche S_2 et prenons SX pour la direction de la

vitesse relative V de la nébuleuse amorphe M qui, d'après la théorie dualiste, par son choc sur l'Équateur du noyau N_1, détermine l'émission des spires S_1, S_2 diamétralement opposées. En plaçant le centre O du noyau N_1 sur le prolongement de la ligne S-Aigle, les spires S_1, S_2 de la Voie lactée seront vues de S plus rapprochées, c'est-à-dire plus brillantes du côté Aigle que dans la région opposée, ce qui correspond aux observations. La Voie lactée, vue de S, paraîtra simple (spire S_2) de Cassiopée au Cocher, élargie puis double dans les autres constellations et même d'allure plus compliquée du Centaure à Ophiuchus, où trois spires qui peuvent n'être pas dans le même plan se projettent les unes sur les autres. Ainsi toutes les formes générales apparentes de la Voie lactée se trouvent expliquées.

Formation et distribution des amas globulaires. — La nébuleuse des Chiens de chasse comme plusieurs de ce type présente une *concentration unilatérale* de matière à l'extrémité d'une des branches (N_2). Notre théorie dualiste explique cette particularité par l'action de la vitesse V de la nébuleuse amorphe sur la spire S_2 dont elle refoule les masses vers le noyau N_1, tandis qu'à l'extrémité de la spire S_1 la vitesse V de même sens que V_1, accélère l'éloignement des masses sur la spire S_1 qui apparaît diluée.

Or dans notre Univers stellaire il y a aussi une *concentration unilatérale*, celle des amas globulaires dans un hémisphère dont le pôle, d'après Bohlin, est dans la Voie lactée entre le Sagittaire et le Scorpion : sur 48 amas observés par Messier, 37 sont dans cette région.

Leur concentration dans cette région, leur grande distance au delà des nuages galactiques, le fait que parmi les grands amas dont la distance a été évaluée par Shapley ω du Centaure est le plus rapproché (20000 années de lumière) se lisent aussi sur la figure.

Mais pour qu'un amas globulaire se produise, il ne suffit pas d'un refoulement des étoiles pour les rapprocher comme peut le faire la vitesse V : il faut encore un tourbillonnement dont la force centrifuge les empêche de s'agglomérer en une seule masse. C'est précisément ce que produit en A l'attraction de la spire S_2 sur les étoiles poussées par la vitesse V sur les orbites centripètes.

Ainsi les amas doivent tourner autour d'axes en moyenne perpendiculaires à la Voie lactée dans le même sens que le noyau N_1 (sens rétrograde). Les recherches faites au mont Wilson ont montré que les amas ont en général un plan diamétral de condensation stellaire, ce qui fait présumer leur rotation.

Les deux courants d'étoiles de Kapteyn. — La vitesse V produit un effet sélectif sur les masses des spires et notamment de l'extrémité de la spire S_2 : à égalité de densité les petites masses subiront plus que les grandes par la vitesse V une poussée centripète vers N_1. Les orbites stellaires seront d'autant plus excentrées autour de N_1 que les masses sont plus petites. En effet, Campbell a trouvé que les vitesses radiales augmentaient des types O et B de grande masse au type M. Les orbites stellaires seront distendues par la vitesse V dans la direction OX qui est précisément celle des deux vertex d'étoiles. D'après Lewis Boss, l'un est dans la Licorne ($\text{Æ} = 6^h 15^m$) et l'autre diamétralement opposé. Les étoiles lancées par la vitesse V sur des orbites excentrées de sens direct ou rétrograde arriveront dans la région du noyau N_1 avec des vitesses supérieures à la moyenne (40^{km} et 28^{km}) qui seraient exactement opposées si la spire S_1 dissymétrique par rapport à SX ne déviait pas inégalement les orbites par son attraction. Même si toutes les orbites sont de même sens, les unes paraîtront, vues du Soleil, être décrites en sens inverse des autres suivant leur excentricité pour la même raison qui fait qu'Éros, Albert et Alinda paraissent à leur périhélie se déplacer en sens inverse d'une planète décrivant à la même distance une orbite circulaire.

Comparaison de notre Univers stellaire avec le système solaire. — A l'origine, la vitesse V antagoniste de celle des nappes planétaires accumule leurs molécules en planètes d'un seul côté de l'écliptique. La vitesse V dans notre Univers accumule les Soleils en amas globulaires d'un seul côté de la Voie lactée. Les amas globulaires sont ainsi les planètes de l'Univers stellaire. Amas et planètes tournent dans le même sens que leur noyau générateur.

La vitesse V qui dans le système solaire produit à grande distance du centre la sélection des petites masses cométaires à grande excentricité a le même effet dans l'Univers stellaire. Les grandes masses stellaires des amas sont à grande distance du centre comme les grosses planètes; dans les deux systèmes cosmiques les petites masses seulement approchent du centre.

On voit avec quelle facilité la Cosmogonie dualiste réunit en une synthèse cosmique unique la structure du système solaire, de notre Univers stellaire et des nébuleuses spirales.

ASTRONOMIE. — *Retour de la comète périodique Finlay.*
Note de M. G. **Fayet**, communiquée par M. B. Baillaud.

Découverte au Cap, le 26 septembre 1886, cette comète, d'une durée de révolution de 6 ans et demi environ, a pu être observée de nouveau en 1893 et en 1906.

Au début de 1910, elle est demeurée pendant plusieurs mois à une assez faible distance de Jupiter, et les éléments de l'orbite ont subi des modifications sensibles; j'ai calculé approximativement ces perturbations et conclu une éphéméride pour 1913, mais l'astre, qui se trouvait, lors de ce retour, dans des conditions de visibilité particulièrement défavorables, ne fut pas retrouvé.

Le retour en 1919 se présentait, au contraire, d'une façon très favorable puisque la comète devait s'approcher, au début de novembre, jusqu'à la distance 0,2 de la terre; toutefois la forte déclinaison australe rendait toute recherche impossible dans les observatoires d'Europe, au moins jusqu'au milieu d'octobre.

Un télégramme, reçu le 1er novembre, annonçait que, dans la soirée du 25 octobre, une comète assez brillante avait été vue, à Kioto (Japon), par M. Sasaki, *en avant de l'étoile ψ Capricorne*. Le 9 novembre un nouveau télégramme substituait, à cette vague indication, des coordonnées approchées.

Un calcul rapide me démontra qu'il s'agissait certainement de la comète Finlay : il suffit, en effet, d'admettre une correction d'environ 2 secondes au moyen mouvement pour que mon système d'éléments représente d'une façon satisfaisante l'observation de M. Sasaki.

D'ailleurs une éphéméride, calculée dans cette hypothèse et que j'ai fournie à M. Schaumasse, permit à cet astronome de retrouver l'astre le soir même du 9 novembre à l'aide de l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice, au voisinage de la position assignée.

Un calcul plus exact, basé sur l'observation de M. Schaumasse, indique comme correction du moyen mouvement, dans le système d'éléments publié en 1913, la valeur $-1'',9$.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète périodique Finlay, faite à l'Observatoire de Marseille, équatorial Eichens d'ouverture* $0^m,26$. Note de **M. Michkovitch**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	D apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 10...	7.26.56,8	—0.12,81	—9.37,9	12:6	22.35.54,89	$\bar{2}$,079	—12.10.53,6	0,859	1

Position de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne, 1919,0.	Réduction au jour.	D moyenne, 1919,0.	Réduction au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1......	8,6	22.36. 3,79	+3,91	—12. 1.39,5	+24,3	Cbr.M. 7992

Le noyau de la comète est bien défini de grandeur 9,0. Par moments, le noyau était bien piqué; on aurait pu croire que la comète occultait une étoile faible, ce qui n'est point. Le noyau est entouré d'une nébulosité d'étendue 5^s, de forme ovale, de direction du grand axe allant de SP à NF dans le champ. Le temps était un peu brumeux, la lune déjà levée.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Sasaki (périodique Finlay) faites à l'Observatoire de Paris (Équatorial de l'Est de* $0^m,38$). Note de M. **M. Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	✱ — ★. Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	★.
	m s	′ ″		
Novembre 12.......	—1.15,68	+0.33,2	9:6	1
Novembre 16.......	+1.21,53	+6. 4,6	12:4	2

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1919.	Temps moyen de Paris.	R appar.	Log. fact. parallaxe.	D appar.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Novembre 12...	7.31.49	22.53.33,56	$\bar{3}$,436	—9.42.57,7	0,876
Novembre 16...	6. 6.46	23.26.46,09	$\bar{1}$,220_n	—4.51.49,1	0,854

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Æ moyenne.	Réduction au jour.	D moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
1...	22.54.45,28	+3,96	−9.43.56,1	+25,2	An. rapp. à $\frac{1}{2}$ (W. Ott. 8157 + Cambrid. 8053)
2...	23.25.20,52	+4,04	−4.58.20,2	+26,5	Strasbourg 8068

Remarques. — Le 12 novembre, l'astre est à peine soupçonné, et l'observation est faite au travers des brumes. Le 16 novembre, l'astre est encore très faible et offre l'aspect d'une légère tache ronde de 15″ à 20″ d'étendue. Par moments, on distingue au centre un petit noyau stellaire de 13e grandeur environ.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Finlay* (1919 *e*) *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	Temps moyen de Besançon.	ΔÆ.	ΔP.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 13..	6.36.38	+2. 0,14	+ 3. 1,1	9: 6	23. 1.46,29	$9,005_n$	98.32.16,7	$0,861_n$	*a*
» 13..	7.10.43	+2.11,95	+ 1.17,3	9: 6	23. 1.58,10	$8,624_n$	98.30.32,9	$0,862_n$	*a*

Positions moyennes de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	Æ 1919,0.	Réduction au jour.	P 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a........	8,5	22.59.42,19	+3,96	98.29.41,2	−25,6	A.G. Wien-Ottakring, 8197

Remarques. — La Comète, estimée de 9e grandeur, est d'un aspect vaporeux, peu brillante. La chevelure, circulaire, s'estompe sur un diamètre de 4′ à 5′; une condensation, décentrée vers le SSW, constitue le noyau, incertain, ne supportant que de faibles grossissements.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Finlay, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de M. **A. Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1919.	Temps moyen de Nice.	ΔÆ.	ΔD.	Nombre de comp.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 9.....	7.30.48	+1.14,94	−3.53,8	12: 8	22.27. 0,61	8,443	−13.23.19,6	0,870	1
» 10.....	7.30.42	−0.14,48	−9.52,4	21:10	22.35.53,20	8,291	−12.11. 7,3	0,864	2
» 11.....	6.53.37	+0.10,73	−1.12,8	18:10	22.44.29,24	$8,772_n$	−10.59.49,4	0,856	3
» 12.....	9.16.28	−0.45,68	+4.56,3	18:12	22.54. 3,82	9,286	− 9.38.32,1	0,842	4
» 13.....	9. 4.55	+0.52,74	−2.54,7	15:10	23. 2.36,38	9,217	− 8.24.55,9	0,838	5

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1919,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1. 6204—13	6,6	22.25.41,78	+3,89	—13.19.49,5	+23,7	Boss 5799
2. 6323—12	8,6	22.36. 3,77	+3,91	—12. 1.39,2	+24,3	Cambr. (U. S.) 7992
3. 5923—11	6,4	22.44.14,58	+3,93	—10.59. 1,3	+24,7	Boss 5882
4. 6031—10	9,4	22.54.45,55	+3,95	— 9.43.53,6	+25,2	Rapp. à ★6
5. 6021— 8	7,2	23. 1.39,67	+3,97	— 8.22.26,8	+25,6	Boss 5948
6. 6016—10	8,7	22.50.41,06	»	— 9.48.22,3	»	½ [Wien-Ott. 8157 + Cambr. (U.S.) 8053]

	ΔÆ.	Δ♁.	N. de c.
	m s	′ ″	
★5—★6	+4. 4,49	+4.28,7	15:10

Remarques. — Novembre 9. — Comète de grandeur 9,0, présentant une faible condensation qui ressort peu sur une nébulosité diffuse, de 2′,5 environ d'étendue. Lune à son 17e jour.

Novembre 10. — La comète de grandeur 9,5 est formée par une condensation diffuse, entourée d'une nébulosité qui s'aperçoit sur une étendue de 4′ et présente un allongement dans la direction opposée au Soleil.

Novembre 11. — Comète de grandeur 10, même aspect que la veille.

Novembre 13. — L'éclat de la comète est aujourd'hui de 11e grandeur, il paraît diminuer assez rapidement.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet produit par l'électricité de la pluie sur un fil isolé.* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. J. Violle.

Au cours de recherches effectuées précédemment sur l'électricité des précipitations, nous avons eu l'occasion d'observer des charges électriques considérables attachées aux gouttelettes de pluie. Les quantités d'électricité mesurées peuvent dépasser 40 U. E. S. par centimètre cube de précipitation.

Nous avons ainsi été amené à nous demander si ces charges n'étaient pas capables de produire des perturbations sensibles sur les lignes aériennes et ne pouvaient pas rendre compte, au moins en partie, des anomalies constatées, parfois sans motif apparent, dans la tension et l'intensité de courant des réseaux électriques.

Nous nous sommes donc proposé d'étudier la façon dont se comporte un fil isolé, soumis à la pluie, à la neige, etc., ce fil pouvant être assimilé à une portion de ligne électrique.

Ces recherches dont nous présentons les premiers résultats, surtout qualitatifs, ont été commencées au mois de mai 1914 et ont été interrompues par la guerre.

Le dispositif d'étude est le suivant :

Un fil de cuivre de 100^m de longueur, tendu horizontalement à 8^m au-dessus du sol, est soigneusement isolé à ses deux extrémités par des isolateurs en porcelaine scellés dans des blocs de diélectrine. L'extrémité du fil aboutit à un électroscope à double graduation, permettant de mesurer directement des différences de potentiel atteignant 900 volts. Un électroscope de Bohnenberger donne le signe de la quantité d'électricité accumulée sur le fil. La valeur des charges électriques de la pluie est déterminée, comme dans nos précédentes observations, à l'aide d'un électromètre à quadrants à lecture directe. Enfin une prise de potentiel, permettant de connaître la valeur du champ électrique terrestre, peut être reliée aux électroscopes à l'aide d'une clef spéciale qui met momentanément le fil hors circuit. Toute l'installation est faite de telle sorte qu'un seul observateur peut suivre en même temps les indications de l'électromètre et des électroscopes.

Nous avons pu effectuer, par ce procédé, à partir de 1914, 940 observations simultanées qui ont donné les résultats ci-après :

La charge électrique prise par le fil isolé est tantôt de même signe que celle de la pluie et tantôt de signe contraire.

Toutefois, il se dégage de cette première série d'observations une proportion plus forte de cas pour lesquels les charges sont de signes contraires.

Nous avons trouvé, sur 100 observations :

68 pour lesquelles les signes des deux électricités sont contraires;
32 pour lesquelles les signes des deux électricités sont les mêmes.

Le signe de la charge électrique du fil peut changer, sans que le signe de la pluie varie aussitôt; mais, souvent, son changement précède de très peu, ou accompagne, une variation dans la polarité de la pluie.

En voici deux exemples, l'un pour le passage d'une pluie positive à une pluie négative, l'autre pour un changement inverse.

16 octobre 1914 :

$19^h.10^m$	pluie positive	fil négatif
15	pluie positive	fil négatif
20	pluie positive, très faible	fil positif
21	pluie négative	fil positif
25	pluie négative	fil positif

4 août 1914 :

11h.40m	pluie négative	fil positif
45	pluie négative	fil positif
47	pluie négative	fil négatif (¹)
48	pluie positive	fil négatif
53	pluie positive	fil négatif

La charge prise par le fil, ou son potentiel, est d'autant plus élevée en général que la pluie est plus fortement électrisée. Pour des pluies d'orage produisant des courants de l'ordre de 10^{-13} ampère par centimètre carré, le potentiel du fil dépasse fréquemment 1000 volts, et il n'est pas rare d'obtenir des étincelles de 2^{mm} ou 3^{mm} entre l'extrémité du fil et une plaque mise à la terre.

En mesurant, à des intervalles réguliers, le champ électrique terrestre à l'aide d'une prise de potentiel à eau, nous avons constaté, la plupart du temps, que le signe du champ était le même que celui de la charge du fil, sa valeur étant voisine de celle que l'on peut déduire du potentiel du fil.

Nous sommes donc amené à conclure, de ces premières observations, qu'un fil isolé, soumis aux précipitations de diverses natures, se comporte comme un égaliseur de potentiel, et que les perturbations constatées sur les lignes pendant les pluies d'orage proviennent plutôt du champ électrique terrestre, qui atteint à de tels moments des valeurs considérables, que des charges électriques elles-mêmes apportées au fil par la pluie.

OPTIQUE. — *Appareil pour l'examen simultané d'un même cliché stéréoscopique par deux personnes.* Note [2] de M. **André Chéron**, présentée par M. Lippmann.

Dans les stéréoscopes ordinaires, le même cliché ne peut être examiné que par une seule personne à la fois.

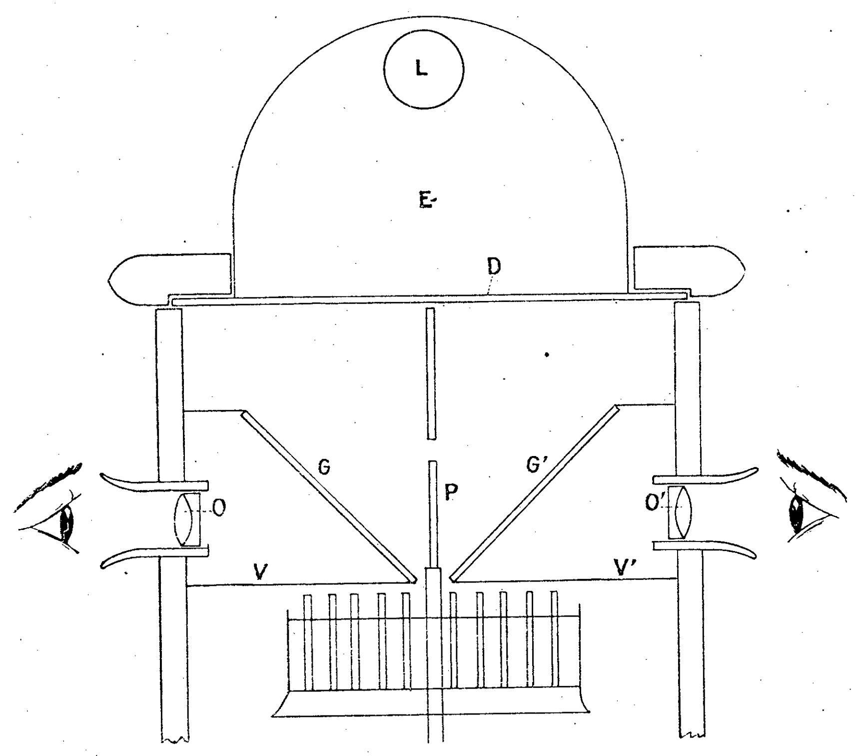
C'est le principal défaut de la stéréoscopie et c'est pour remédier à cet inconvénient qu'a été imaginé le dispositif, dont la description va suivre, qui permet à deux personnes se faisant vis-à-vis de voir en relief et simultanément le même positif sur verre.

(¹) Très faiblement chargé.

(²) Séance du 10 novembre 1919.

L'appareil, dans ses grandes lignes, ressemble à un stéréoscope classeur de modèle courant dont il renferme tous les organes essentiels et dont il présente tous les avantages connus, mais il est pourvu de deux paires d'oculaires disposées en face l'une de l'autre sur le même axe passant par

Appareil pour la vision simultanée d'un même cliché stéréoscopique par deux personnes.



Coupe schématique de l'appareil.

E, appareil d'éclairage; L, lampe électrique; D, verre dépoli; P, cliché (positif sur verre); G, G', glaces sans tain; O, O', oculaires; V, V', cloisons recouvertes de velours noir.

le centre du cliché. L'une d'elles se trouve donc occuper la place habituelle du verre dépoli. Ce dernier, surmonté de l'appareil d'éclairage, est fixé horizontalement en haut du stéréoscope et encastré dans le couvercle.

La partie essentielle de l'appareil est constituée par deux glaces sans tain, inclinées à 45° sur le cliché (et disposées symétriquement de part et d'autre de celui-ci), qui renvoient la lumière tombant du verre dépoli respectivement vers l'une et l'autre paire d'oculaires.

Chaque observateur voit donc par transparence, à travers la glace sans tain située de son coté, le cliché qui se trouve éclairé par la lumière

réfléchie sur la glace située du côté opposé. Pour tous les deux, le cliché apparaît avec sa perspective vraie et son relief exact, mais il est bien évident que, si l'observateur regardant le positif du côté gélatine voit celui-ci sous son aspect absolument normal, celui qui lui fait vis-à-vis voit à droite les objets qui étaient à gauche et réciproquement. Il y a pour lui inversion de l'image, mais non pas relief pseudoscopique.

Pour éviter les reflets parasites (sur les glaces sans tain) des parties métalliques de l'appareil qui se trouvent assez vivement éclairées par le verre dépoli, il est nécessaire de fixer deux petites cloisons horizontales, recouvertes de velours noir, de part et d'autre du bord inférieur du positif sur verre. Les cloisons peuvent en même temps servir de point d'appui aux glaces. Il est nécessaire également de noircir le bord métallique des montures des oculaires et, d'une façon générale, toutes les parties brillantes de l'appareil qui pourraient être vues par transparence à travers les glaces sans tain.

Cet appareil, de réalisation très simple, permet à deux personnes d'échanger leurs impressions en examinant ensemble toute une série de clichés stéréoscopiques, et il donne la possibilité à celui qui a pris les photographies de les regarder avec un ami en lui donnant toutes explications désirables. Il semble enfin, pour les mêmes raisons, devoir rendre quelques services pour l'étude et la description de certains clichés documentaires et scientifiques.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une forme nouvelle donnée aux formules des spectres de lignes*. Note (¹) de M. **Alfred Lartigue**, présentée par M. H. Deslandres.

On sait que les formules proposées par Balmer (1885), Rydberg (1890), Pickering (1897), Ritz (1903), peuvent être mises sous la forme générale suivante, qui exprime la fréquence linéaire propre aux raies successives de chacune des séries spectrales ordinaires de l'hydrogène, du lithium, du sodium, etc. :

$$\frac{10^8}{\lambda} = N_0\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{q^2}\right) \quad \text{ondes par cm.} \tag{1}$$

Les longueurs d'onde λ sont ici mesurées en angströms; N_0 est la

(¹) Séance du 10 novembre 1919.

constante universelle de Rydberg (109700 en nombre rond). Dans chaque série spectrale, p est une constante, ou quasi constante selon Ritz; et $q-p$ diffère peu de la suite des nombres entiers, ou semi-entiers, consécutifs.

Cherchant à interpréter la relation (1) au point de vue de la Mécanique générale, j'ai été amené à lui donner une forme différente, qui est, en posant $q-p=m$:

$$\lambda_m = \frac{4.10^8}{N_0}\left(\frac{p}{2}\right)^3\left(\frac{2}{p}+\frac{1}{m}-\frac{1}{m+2p}\right) \text{ angströms.} \tag{2}$$

Pour $p=2$ et $m=q-2=1, 2, 3, \ldots, 29$, on retombe sur la formule primitivement donnée par Balmer pour représenter la série des raies ordinaires de l'hydrogène; mais d'après la nouvelle formule tout se passe, en l'espèce, comme si les longueurs d'onde d'une vibration fondamentale, $\lambda_\infty = 3646$ angströms, et de deux harmoniques équidistants, d'ordres m et $m+4$, s'additionnaient algébriquement.

Plus généralement, l'équation (2) permet de décomposer toute série de longueurs d'onde rentrant dans la formule (1) en trois suites de termes élémentaires, la première de ces suites étant constante, ou quasi constante, et les deux autres tendant vers zéro.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les phénomènes lumineux observés au voisinage d'une lame de graphite portée à une haute température à l'aide d'un courant électrique.* Note [1] de **M. G.-A. Hemsalech**, transmise par M. A. de Gramont.

Une lame de graphite d'Acheson ayant $0^{mm},95$ d'épaisseur, 10^{mm} de largeur et 37^{mm} de longueur est montée dans une position horizontale entre deux tiges de graphite de 12^{mm} de diamètre, lesquelles communiquent avec une batterie d'accumulateurs pouvant fournir pendant quelques secondes jusqu'à 300 ampères. La surface supérieure de la lame est recouverte d'une légère couche de carborundum en poudre. Le tout est installé dans l'air à la pression atmosphérique. Avec ce dispositif, la surface inférieure de la lame peut être portée à une température d'environ 3300° C. avec un courant de 260 ampères et une chute de potentiel de $8\,\frac{\text{volts}}{\text{cm}}$. Par suite de la chaleur dégagée par la lame incandescente, des courants de convection montent au-

[1] Séance du 10 novembre 1919.

dessus de celle-ci et donnent lieu à deux courants d'air venant du bas. Ces courants passent devant et derrière la lame, qui constitue un obstacle. De cette manière, il se forme un espace, protégé en haut par la surface inférieure de la lame, et limité de chaque côté par les deux courants d'air. C'est dans cet espace que se produisent les phénomènes dont il sera question et qui s'observent avantageusement en projetant une image agrandie de la lame incandescente sur un écran blanc.

En augmentant graduellement la température de la lame, aussitôt que cette dernière devient incandescente, des vapeurs jaunâtres qui proviennent surtout du carborundum passent par l'espace protégé et sont entraînées ensuite par les courants d'air mentionnés ci-dessus en formant de longues traînées lumineuses au-dessus de la lame. Ces vapeurs, après avoir franchi l'espace protégé, sont entraînées vers le haut par les courants d'air chaud et forment de longues traînées lumineuses au-dessus de la lame. Quand celle-ci est portée à des températures de 2300° à 2500° C., la couleur des vapeurs devient gris bleuâtre en constituant au-dessous de la lame une forme d'apparence stable, dont le bord inférieur est nettement délimité. Il est facile de voir que cette forme lumineuse, que j'appellerai la *vapeur bleuâtre*, est renouvelée d'une façon constante par l'expulsion continue des vapeurs. Le spectre de cette vapeur est continu. A l'intérieur de l'espace protégé, où la température est naturellement plus élevée, les vapeurs émettent une lumière beaucoup moins intense, mais leur spectre est composé de raies et de bandes, lesquelles dépassent souvent de beaucoup le bord inférieur du spectre continu de la vapeur bleuâtre. J'appellerai la vapeur qui émet des raies et des bandes, la *vapeur lumineuse*. Il semble donc que la vapeur bleuâtre constitue seulement la paroi de l'espace protégé et qu'elle est due simplement au refroidissement de la vapeur lumineuse au contact des courants d'air. L'état d'ionisation de la vapeur lumineuse est très considérable et un milliampèremètre, reliant deux sondes introduites dans cette région, accuse un courant thermionique appréciable. Si maintenant on porte la température de la lame à environ 3000° C., on voit apparaître, tout le long de sa surface inférieure et en contact direct avec elle, une bande rougeâtre de 1^{mm} ou 2^{mm} de largeur et dont le bord inférieur est nettement tranché; nous appellerons ce phénomène la *frange rouge*. Son spectre, quoique tout à fait différent de celui de la vapeur lumineuse, est également composé de raies et de bandes. Le caractère de ce spectre m'avait fait supposer d'abord que la frange rouge devait son origine au passage, à travers les

vapeurs conductrices, d'un courant électrique constitué probablement par une partie du courant de chauffage. Pour mettre à l'épreuve cette hypothèse, la lame de graphite fut placée perpendiculairement aux lignes de force, dans l'entrefer d'un électro-aimant de Faraday à noyaux creux de 7^{cm} de diamètre intérieur. Les observations se faisaient alors dans la direction du champ magnétique.

Dans une première expérience la lame était à une température d'environ 2700° C. à laquelle la frange rouge n'était pas encore visible. En faisant maintenant agir sur le courant traversant la lame une force magnétique de 125 à 175 unités C. G. S. dans le sens du haut vers le bas, la frange rouge apparaissait immédiatement. En enlevant le champ elle disparaissait aussitôt. En renversant le champ magnétique on ne voyait pas de frange au-dessus de la lame, sans doute parce que les courants de convection empêchaient l'ionisation nécessaire des vapeurs. Dans une deuxième série d'expériences, la lame était à 3000° C., de sorte que la frange rouge était pleinement visible sans l'aide du champ magnétique. Dans ces conditions une frange rouge se montrait au-dessus de la lame, tandis que celle d'en bas disparaissait, en appliquant un champ de 1300 unités C. G. S. agissant dans le sens de bas en haut. En supprimant le champ, la frange rouge du haut disparaissait, tandis que celle du bas redevenait visible. Il n'y avait donc plus de doute sur l'origine électrique de la frange rouge, puisqu'elle se comporte comme un conducteur parcouru par un courant. Quant à la nature du courant électrique qui donne lieu au phénomène de la frange rouge, il est probable qu'il est dû à un courant d'électrons qui décomposent sur leur passage les molécules et créent des centres d'émission différents de ceux de la vapeur lumineuse. Afin de bien distinguer ce courant d'électrons du courant thermionique relevé dans la vapeur lumineuse je l'appellerai *courant therm-électronique*.

Sir Ernest Rutherford a bien voulu attirer mon attention sur l'influence que pourrait exercer sur la frange rouge le champ magnétique dû au courant de chauffage. En effet, ce champ aura la tendance à repousser le courant therm-électronique vers la lame de graphite, autrement dit, il s'opposera à la formation de la frange rouge. A la température de 2700° C., à laquelle la frange rouge n'est pas visible, l'intensité de ce champ magnétique, à la distance de $0^{mm},5$ de la lame, est d'environ 120 unités C. G. S. Nous avons vu, qu'en annulant l'effet de ce champ par l'application d'une force magnétique du même ordre de grandeur, mais en sens inverse, le courant therm-électronique peut de nouveau passer par les vapeurs ionisées et la frange rouge apparaît.

Outre les phénomènes déjà signalés, l'établissement du champ magnétique donne lieu à la formation de tout un système d'hélices et de spirales fort lumineuses, dues aux trajectoires des ions. Dans certains cas les formes cycloïdales et trochoïdales, que produit la projection de ces trajectoires dans la direction des lignes de force magnétiques, ont été nettement mises en évidence.

MINÉRALOGIE. — *Sur un remarquable gisement de chalcostibite au Maroc.* Note de M. **H. Ungemach.**

La chalcostibite ($Cu^2S.Sb^2S^3$), bien que représentant la forme de combinaison la plus simple des sulfures de cuivre et d'antimoine qui voisinent si souvent dans la nature, est une des plus grandes raretés minéralogiques. Elle n'a été rencontrée jusqu'ici que dans trois localités, à *Wolfsberg* (wolfsbergite), à Guejar (guejarite) et à Huanchaca; partout en quantités insignifiantes et en cristaux infimes.

Il n'en est pas de même pour le gisement nouveau que j'ai eu l'occasion de visiter tout récemment au Maroc, et où j'ai reconnu la chalcostibite, prise jusqu'alors pour de la panabase. Il se trouve dans la vallée de l'oued Cherrat, à l'est de Casablanca, au lieu dit *Bar-el-Anz*, « caverne du bouc ». Il y a là de vieux travaux, repris récemment et d'ailleurs déjà abandonnés, le gisement n'ayant pas été jugé intéressant au point de vue financier. Il l'est au contraire, au plus haut point, aux yeux du minéralogiste.

Le minerai primordial du gîte consiste presque exclusivement, à l'exception de mouches imperceptibles de chalcopyrite, en chalcostibite. Elle ne s'y rencontre qu'en cristaux enchevêtrés, parfois énormes, et dont les amas sont disséminés en chapelets au milieu d'un calcaire dolomitique enclavé dans des phyllades. Ce calcaire a par places le faciès d'un cipolin ou bien d'un travertin.

Les interstices des cristaux de chalcostibite sont occupés par de la dolomite en cristaux transparents informes et peu cohérents. Les véritables géodes sont rares, mais elles sont alors tapissées de fort beaux cristaux de dolomite parfois hyalins, souvent revêtus d'une pellicule brunâtre ou irisée; ils sont riches en formes : les dominantes sont $e^3(40\bar{4}1)$, $d^1(11\bar{2}1)$ et $a^1(0001)$; $e^1(02\bar{2}1)$ et $p(10\bar{1}1)$ sont communes; il existe en outre d'assez nombreux scalénoèdres, toujours hémièdres comme le réclame la symétrie

réduite de ce minéral, pour lequel le gisement de Rar-el-Anz mérite de devenir classique au même titre que celui de la vallée de Binn.

Les cristaux de chalcostibite sont des plus remarquables, tant par leurs dimensions que par leur beauté. J'en possède un, du reste incomplet, qui mesure $9 \times 4 \times 1^{cm}$. Ils ne sont que très exceptionnellement frais; leur surface est altérée en chessylite, qui forme une couche si mince et si homogène que les faces des cristaux sont restées réfléchissantes et lisses, bien qu'elles aient perdu leur éclat métallique pour prendre une couleur bleu intense. Une oxydation plus avancée fait apparaître la malachite, et l'apparence des cristaux devient plus fruste, mais leur centre reste frais. Il existe aussi des exemples, rares d'ailleurs, d'altération plus profonde, surtout pour les petits cristaux qui se sont parfois déposés dans des géodes où les dépôts de dolomite ne sont pas venus les protéger par la suite.

Ces cristaux sont entièrement pseudomorphosés en chessylite, qui les rend rugueux et indistincts. D'autres encore, souvent gros, sont transformés en une substance non encore déterminée, vert clair, pesante, à éclat nacré sur le clivage, qui est resté celui du cristal originel.

Les cristaux altérés à la surface seulement sont fragiles, fissurés, parfois creusés de cavités que tapissent de minuscules cristaux de chessylite très foncée. Leur clivage basique est resté excellent et fournit des lames très éclatantes rappelant celles de la stibine, mais d'une couleur plus foncée. Ils sont d'une forme rectangulaire allongée, et sont en général aplatis parallèlement à la base. Suivant la notation adoptée jusqu'ici, les nombreuses faces de la zone d'allongement sont des macrodomes, tandis que la terminaison est souvent réduite au seul brachydome $e^{\frac{1}{6}}$ (061). Mais il existe, surtout dans les petits cristaux, d'autres faces domatiques et pyramidales que je me propose d'étudier plus tard en détail, en même temps que divers minéraux d'altération.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Polygonacées. Développement de l'embryon chez les* Rumex *et* Rheum. Note (¹) de M. **R. Souèges**, présentée par M. Guignard.

Chez les espèces de Rumex examinées (*R. Hydrolapathum* Huds., *R. maritimus* L., *R. sanguineus* L., *R. conglomeratus* Murr.) et chez le *Rheum*

(¹) Séance du 10 novembre 1919.

Emodi. Vall., le processus général des segmentations et le rôle histogénique dévolu aux premiers éléments proembryonnaires sont à peu près identiques à ceux qui ont été précédemment décrits au sujet du *Polygonum Persicaria* L. (¹). Il existe cependant des différences d'ordre secondaire, qui résident dans les parties basales du proembryon, dans celles qui représentent les trois étages inférieurs et qui donnent naissance à l'hypophyse et au suspenseur proprement dit.

Au proembryon bicellulaire succède, dans tous les cas, une tétrade proembryonnaire constituée de deux cellules supérieures juxtaposées et de deux cellules inférieures superposées. Le proembryon octocellulaire se forme par division de chacun des éléments de la tétrade, le proembryon à seize cellules est, de même, engendré par bi-partition de chacun des éléments du proembryon octocellulaire.

Les six étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, du proembryon à seize cellules donnent naissance aux mêmes parties de l'embryon adulte qui ont été indiquées à propos de la Persicaire : l'étage *l* engendre la partie cotylée, *l'* la moitié supérieure de l'axe hypocotylé, *m* la moitié inférieure de ce même axe, *n* l'hypophyse, enfin *o* et *p* le suspenseur proprement dit. La différenciation des initiales de l'écorce, aux dépens des cellules inférieures de l'étage *m*, est particulièrement facile à observer chez le *Rumex Hydrolapathum*, car, dans cette espèce, les éléments de l'extrémité radiculaire sont très régulièrement disposés et offrent des formes et des dimensions assez dissemblables, selon qu'ils proviennent de l'étage *m* ou de l'étage *n*.

Le suspenseur chez le *Rheum Emodi* reste conique, large et court, rappelant celui du *Polygonum Persicaria*. Chez les *Rumex*, il est toujours nettement différencié, séparé de l'embryon proprement dit par un étranglement assez accentué; il est généralement formé de cellules superposées, larges et aplaties, issues en nombre à peu près égal des deux éléments proembryonnaires *o* et *p*. Parfois l'élément *o* se segmente longitudinalement, tandis que *p* se cloisonne transversalement; dans ce cas, le suspenseur se développe presque entièrement aux dépens de l'élément *p*.

Les deux faits essentiels, mis en relief par l'étude du développement de l'embryon chez la Persicaire, à savoir : 1° la participation de l'étage *m* à la construction de l'axe hypocotylé, 2° la différenciation des initiales du péri-

(¹) Voir la Note antérieure, avec les figures schématiques qui l'accompagnent : R. Souèges, *Embryogénie des Polygonacées. Développement de l'embryon chez le* Polygonum Persicaria *L.* (*Comptes rendus,* t. 168, 1919, p. 791). Voir aussi *Bull. Soc. botanique Fr.*, t. 66, 1919, p. 168.

blème aux dépens des cellules inférieures de cet étage, se retrouvent chez les espèces de *Rumex* et de *Rheum* examinées. Ils paraissent constituer deux caractères généraux de la famille des Polygonacées. Des caractères secondaires, variables avec les genres, peuvent être tirés du mode de génération et de la forme définitive du suspenseur, comme cela se produit dans beaucoup d'autres familles.

AGRONOMIE. — *Transformation de la cyanamide en urée par les microbes du sol.* Note [1] de MM. **P. Mazé**, **Vila** et **M. Lemoigne**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente [2], nous avons montré que la cyanamide pure est très toxique pour les végétaux supérieurs. Cet engrais doit donc subir dans le sol une transformation préalable qui le rende assimilable pour les plantes.

Le mécanisme de cette transformation a été étudié surtout en Allemagne et en Italie.

Dès 1905, Löhnis affirme que les microbes transforment l'azote cyanamidique en azote ammoniacal. En 1906, Ulpiani soutient au contraire que la cyanamide ne fermente pas et que son hydrolyse dans la terre est due à une action physico-chimique. Ces deux interprétations ont aujourd'hui leurs partisans, mais la dernière semble être plus en honneur.

Voyons d'abord la part du microbe.

Nous avons isolé des milieux naturels six espèces de microbes qui poussent bien en présence de 1 pour 1000 de cyanamide. Parmi ces espèces, deux sont des *B. prodigiosus*, la troisième est un *B. coli* et les quatre dernières sont voisines du *B. cloacæ*. La cyanamide étant à peine toxique vis-à-vis de ces microbes, il restait à montrer qu'elle ne se comporte pas dans leurs cultures comme un corps inerte. Nous les avons donc cultivés séparément, à la température de 30°, dans un bouillon de haricots renfermant 2 pour 100 de saccharose. Les résultats que nous avons observés sont réunis dans le Tableau I. L'urée a été dosée par la méthode de Fosse (après centrifugation de la culture, on précipite l'urée en liqueur acétique par le xanthy-

---

(1) Séance du 10 novembre 1919.

(2) P. Mazé, Vila et M. Lemoigne, *Action de la cyanamide et de la dicyanodiamide sur le développement du maïs* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 804).

drol); la disparition de la cyanamide a été contrôlée par le nitrate d'argent ammoniacal et la présence d'ammoniaque vérifiée au moyen du réactif de Nessler.

Tableau I.

Cyanamide au début 1 *pour* 1000.

Bactéries.	Durée.	Cyanamide consommée pour 1000.	Urée formée pour 1000.	Ammoniaque.
N° 1. *B. prodigiosus*	12 jours	1	1,41	traces
2. »	12 »	1	1,16	traces
3. *B. coli*	12 »	0	0	»
4. *B. cloacæ*	12 »	1	0,92	traces
5. »	12 »	1	1,08	traces
6. »	12 »	0	0	0
7. »	12 »	1	0,79	+
Témoin non ensemencé	12 »	0	0	0

On voit que le *B. coli* (n° 3) et un microbe voisin du *B. cloacæ* (n° 6) n'ont pas d'action sur la cyanamide. Toutes les autres espèces la font disparaître entièrement et l'on trouve, dans les cultures, de l'urée et seulement des traces douteuses d'ammoniaque, sauf dans le cas du microbe n° 6.

Il s'agit maintenant de prouver que l'urée provient bien de la cyanamide à l'exclusion de toute autre matière azotée du milieu. C'est ce que montrent les résultats d'une autre série de cultures faites dans les mêmes conditions. Ces résultats sont consignés dans le Tableau II.

Tableau II.

Avec B. prodigiosus (durée 9 jours).

	Cyanamide consommée (p. 1000).	Urée formée (p. 1000.)
Milieu avec cyanamide (0,738 pour 1000)...	0,738	0,80
Milieu sans cyanamide	0	0

Avec B. cloacæ n° 4 (durée 5 semaines).

	Cyanamide consommée (p. 1000).	Urée formée (p. 1000.)
Milieu avec cyanamide (0,33 pour 1000)....	0,33	0,32
Milieu sans cyanamide	0	0

Il résulte en outre de ces chiffres que la transformation de la cyanamide en urée est assez rapide. Mais pour que le travail des microbes soit réelle-

ment efficace dans la pratique, il faut que cette fonction d'hydrolyse appartienne à un grand nombre d'espèces banales qu'on rencontre communément dans les divers sols. Aussi avons-nous étudié à ce point de vue, un certain nombre de bactéries saprophytes très répandues dans la nature. Nous avons pensé également qu'il était intéressant d'examiner l'action de quelques moisissures, ferments lactiques et levures sur la cyanamide. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau III.

Tableau III.

Cyanamide au début (1 pour 1000).

Organismes et origine.	Durée.	Cyanamide consommée (p. 1000).	Urée formée (p. 1000).
Ferment lactique (lait)	16 jours	0	0
B. coli (collection Institut Pasteur)	16 »	0	0
B. lactis ærogenes	16 »	0	0
Proteus	16 »	0	»
Espèce du groupe du *cloacæ* (fumier)	16 »	1	0,27
» » (terre)	16 »	1	0,55
» *B. prodigiosus*	11 »	1	1,33
» »	11 »	1	1,33
B. cærruleus (terre)	11 »	0	0
B. violaceus (terre)	11 »	0	0
Espèce du groupe *B. subtilis* (terre)	13 »	1	0
» » (lait)	13 »	1	0
» » (terre)	17 »	1	0
» » (terre)	17 »	1	0,62
Penicillium glaucum	4 »	1	1,24
Levure (n° 2)	8 »	1	1,24
Levure (n° 16)	8 »	1	1,35

Ces chiffres montrent que les microbes capables de transformer la cyanamide en urée sont des espèces banales abondantes dans toutes les terres en bon état de culture. On doit en conclure que dans un sol fertile riche en humus, la cyanamide donne rapidement de l'urée et que dans les terrains acides, pauvres en microbes, son hydrolyse est nécessairement beaucoup plus lente. L'urée formée produit, sous l'action de nombreuses bactéries ammonisantes, du carbonate d'ammoniaque assimilable par les plantes supérieures. Ces résultats sont conformes à ceux que la pratique agricole a enregistrés. Nous devons ajouter qu'ils n'excluent pas, bien entendu, le rôle des colloïdes du sol dans l'hydrolyse de la cyanamide.

PHYSIOLOGIE. — *Carnivores et aliments ternaires.*
Note (¹) de M. **H. Bierry**, présentée par M. Roux.

Nous avons précédemment exposé (²) les faits qui nous ont amené à envisager la nécessité d'un *quantum* de sucre et de graisse dans la ration d'entretien de l'homme et de divers animaux.

Les carnivores échappent-ils à cette règle et peuvent-ils, comme l'écrivent nombre de physiologistes, vivre d'un seul aliment? Nous allons examiner si les arguments tirés d'expériences ou d'observations, mettant en jeu : soit des *régimes artificiels* soit des *régimes naturels librement choisis*, permettent de justifier une telle proposition. Il faut remarquer tout d'abord que les progrès récents de la biochimie et la découverte des vitamines ont singulièrement précisé nos connaissances sur le métabolisme et qu'on a dû revenir pour les modifier ou les infirmer sur des assertions qui, au début, avaient paru légitimes.

Expériences. — Aucune expérience démontrant la survie possible d'un carnivore, avec un régime exclusif et prolongé de protéines chimiquement et physiologiquement pures, n'a été produite jusqu'ici. Bien plus, les essais tentés, dans lesquels ont été utilisés des albuminoïdes qui renfermaient de petites quantités de graisses ou de sucres, ou des substances génératrices d'hydrates de carbone, n'ont permis d'assurer l'équilibre, chez un carnivore, que pendant une période relativement courte.

En outre, les expériences exécutées sur le chien ont montré que le jeûne hydrocarboné, par exemple, entraîne chez cet animal, au degré près, les mêmes troubles que chez les autres animaux. C'est ainsi que, d'après Lüthje, on n'obtient de larges bénéfices d'azote qu'autant que le mélange abiurétique d'acides aminés, donné comme seul aliment azoté, est ingéré en même temps que d'abondantes quantités d'hydrates de carbone.

Observations. — Si la viande est un aliment protéique, elle est loin d'être exclusivement protéique, et il ne faudrait pas croire que le carnivore ne trouve qu'un peu de glycogène dans les muscles et le foie de ses victimes.

Le foie, en particulier, peut être très riche en glycogène (jusqu'à 20 pour 100 du poids du tissu frais), mais il renferme en outre du *d*-glu-

---

(¹) Séance du 10 novembre 1919.

(²) H. Bierry, *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 197. — H. Bierry et Portier, *Société de Biologie*, 8 juin 1919. — H. Bierry, *Ibid.*, t. **82**, p. 124 et 530.

cose, du maltose, des dextrines (¹), etc., dont l'appoint, quoique négligé jusqu'ici, n'en est pas moins important. Le cœur, les muscles squelettiques renferment également des hydrates de carbone. D'autre part, si le glycogène et le glucose disparaissent en partie, après la mort (il n'est pas prouvé d'ailleurs que les corps qui prennent alors naissance : acide lactique, acide glycuronique, etc., ne soient pas eux-mêmes anticétogénétiques), les tissus en renferment encore des quantités appréciables après plusieurs jours.

Voici des chiffres se rapportant au foie et aux muscles d'un cheval dont la mort remontait à 3 jours :

	Foie.	Muscle.
Glycogène (en glucose et en pour 100 du poids du tissu frais)	$2^{g},20$	$0^{g},67$
Autres substances hydrocarbonées (en glucose et en pour 100 du poids du tissu frais)	$2^{g},60$	$0^{g},80$

Du reste, si l'on consulte les récits, très suggestifs à cet égard, des chasseurs de grands fauves, on voit qu'un lion ou un tigre en liberté, pour se nourrir, s'adresse de préférence à la proie vivante, un herbivore généralement, et qu'il ne mange pas indifféremment toutes les parties de l'animal qu'il vient de capturer. « Une fois maîtres de leur victime, écrit l'explorateur E. Foa ([2]), les lions la dépècent dans un ordre invariable. Ils commencent par dévorer les viscères. Les boyaux, le cœur, le foie, la rate, les rognons disparaissent les premiers. Ils s'en prennent ensuite à la chair des cuisses..., mais ils ne mangent pas plus que leur faim. » Les chasseurs de nos pays savent que le chien courant procède, à peu près de même, avec le lièvre qu'il prend.

Or le foie des herbivores est très riche en hydrates de carbone, comme on peut en juger par ces chiffres relatifs à un lapin tué par une saignée rapide, dont le foie a été prélevé et traité immédiatement (par les méthodes indiquées) :

([1]) H. Bierry et Z. Gruzewska, *Société de Biologie*, t. 82, 1919, p. 857. Des méthodes précises de dosage (Id., *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1559, et *Société de Biologie*, t. 76, 1914, p. 824) ont montré que le poids des substances hydrocarbonées (autres que le glycogène) contenues dans le foie pouvait être dix fois supérieur au poids indiqué dans les traités classiques.

([2]) Édouard Foa, *La chasse moderne* (Larousse). M. Lapicque tient depuis longtemps, en ce qui touche divers félins, ce fait comme certain d'après les conversations qu'il a eues avec des chasseurs et des indigènes au cours de voyages en Abyssinie, en Indo-Chine, en Malaisie.

	Foie.
Glycogène (en glucose et en pour 100 du poids du tissu frais	12g,20
Autres substances hydrocarburées (en glucose et en pour 100 du poids du tissu frais)	1g,40

Dans un tel foie, dont la teneur en eau est de 74 pour 100 environ, on voit qu'après défalcation des sels, des graisses neutres, des phosphatides, etc., etc., le poids des hydrates de carbone est supérieur à celui des substances protéiques.

Si l'on remarque enfin que les organes tout d'abord utilisés par les carnivores renferment non seulement en grande quantité des substances grasses au sens le plus large du mot, et de qualité très variable (Leathes, Mac Lean et Williams, etc.), mais encore les vitamines, on peut se demander s'il ne faut pas voir là le résultat d'un choix guidé par un instinct profond.

En résumé, les résultats d'expériences ou d'observations, utilisant des régimes artificiels ou des régimes naturels librement choisis, ne permettent pas de supposer que les hydrates de carbone et les graisses ne sont pas des aliments nécessaires à l'entretien de la vie chez les carnivores.

ZOOLOGIE. — *Sur un processus normal de fragmentation, suivie de régénération, chez un Annélide polychète* Syllis gracilis *Gr.* Note [1] de MM. **F. Mesnil** et **M. Caullery**, présentée par M. Bouvier.

A côté de la reproduction sexuée, dont nous avons examiné certaines complications dans des Notes précédentes [2], il existe, chez un certain nombre d'Annélides, une reproduction asexuée qui consiste fondamentalement en une fragmentation du corps en deux ou un plus grand nombre de morceaux capables de reconstituer l'animal entier. En général, le phénomène se complique par un bourgeonnement intercalaire avant toute fragmentation, la régénération commençant avant la séparation des fragments. La fragmentation avec régénération subséquente est assez rare.

Nous avons découvert un nouvel exemple de ce processus chez un Syllidien, c'est-à-dire dans une famille d'Annélides polychètes où les phénomènes en relation avec la reproduction sexuée offrent une très grande com-

(1) Séance du 10 novembre 1919.

(2) F. Mesnil et M. Caullery, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 646, et *C. R. Soc. Biologie*, t. 81, 1918, p. 707.

plexité, mais où l'on ne connaissait aucun exemple de véritable reproduction asexuée.

Il n'est pas rare de rencontrer dans la nature des Annélides constitués par un fragment ancien ayant régénéré à la fois les extrémités antérieure et postérieure. Les divers auteurs n'ont pas manqué d'en signaler des exemples; A. Michel et Ch. Gravier (¹) ont relevé la liste des divers cas publiés. Mais, pour chaque espèce, en particulier, ces régénérations sont rares et ne peuvent, par conséquent, être interprétées que comme un phénomène accidentel. Il ne nous paraît pas en être de même en ce qui concerne *Syllis gracilis*.

Cet Annélide, sans être très abondant dans les mares à *Lithothamnion* du cap de la Hague, y est assez commun. En 1901, l'un de nous (²) attirait l'attention sur un fragment de 8 sétigères de cette espèce qui avait régénéré, entre autres, l'extrémité antérieure du tube digestif dans toutes ses parties. Depuis lors, sans y apporter une attention particulière, nous avions observé un certain nombre d'autres cas; jusqu'en 1918, nous avons trouvé, dans nos notes ou matériaux conservés, trace d'une douzaine de ces cas, alors que, pour d'autres annélides au moins aussi communes, nos observations de régénération ne portaient que sur un ou un très petit nombre d'individus.

C'est en septembre 1918 que notre attention a été attirée sur la fréquence de ces régénérations : nous en avons réuni 8 cas, dont 6 dans la même marée, et provenant peut-être d'une même plaque de *Lithothamnion*. Pendant l'été de 1919, nous avons fait une recherche plus méthodique et recueilli sans difficulté une trentaine de nouveaux cas.

Ces individus ont ceci de commun que le fragment d'annélide qui régénère appartient toujours soit à la région moyenne du corps de la *Syllis* (celle où ne se rencontrent que des soies ypsiliformes), soit à la région suivante où réapparaissent quelques soies composées. De plus, ces fragments sont formés d'un petit nombre de sétigères. Ainsi, sur 50 échantillons, 42 avaient de 4 à 10 sétigères, 6 de 11 à 17 et 2 (dont une extrémité postérieure ancienne) une trentaine.

Voici le Tableau de fréquence des cas observés :

(¹) A. Michel, *Recherches sur la régénération chez les Annélides* (*Bull. scient. France et Belgique*, t. 31, 1898, p. 404. — Ch. Gravier, *Ann. Sc. nat.* (*Zoologie*), 9ᵉ série, t. 9, 1909, p. 129.

(²) F. Mesnil, *C. R. Soc. Biologie*, t. 53, 9 mars 1901, p. 258.

Nombre de sétigères.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	.	17...30 (env.)
Nombre d'individus.	1	5	7	13	8	4	4	1	1	1	1	1	.	1... 2

On a donc nettement l'impression d'être en présence d'un processus normal, l'animal se brisant en fragments d'un nombre de sétigères égal à 7 ou voisin de 7, qui sont capables de régénérer l'animal entier; les quelques échantillons comprenant de 11 à 17 sétigères, et aussi ceux d'une trentaine, peuvent être interprétés comme des doubles ou des multiples des fragments correspondant à l'unité.

D'après nos observations, cette fragmentation de l'annélide se fait par des constrictions ectodermiques entre deux anneaux. Chaque individu doit donner naissance à plusieurs fragments et, en fait, on est parfois frappé de voir sortir de la même plaque d'algue calcaire des fragments de même calibre et au même degré de régénération. Nous ignorons ce que devient l'extrémité antérieure du parent.

Suivant les fragments recueillis, la régénération est plus ou moins avancée, depuis des petits bourgeons arrondis et indifférenciés, jusqu'à des stades allongés présentant : *antérieurement*, le prostomium, le segment buccal et un nombre de sétigères différenciés allant de 7 à 18; *postérieurement*, le pygidium précédé de 2 à 8 sétigères. A l'union du bourgeon antérieur et de la souche, nous avons toujours observé une région non encore différenciée en segments sétigères.

Comme l'un de nous (*loc. cit.*) l'a déjà noté, la régénération de la partie antérieure du tube digestif se fait complètement [1]. Il y a là une différence essentielle entre ce processus et le bourgeonnement en rapport avec la reproduction sexuée (blastogamie).

En général, le bourgeon antérieur est plus développé que le postérieur; il y a pourtant quelques exceptions, et il nous a semblé qu'elles portaient sur des cas où le fragment possédait, à ses rames sétigères, quelques soies composées, c'est-à-dire que ce fragment provenait de la partie postérieure du parent. Si le fait est exact, il faudrait admettre une certaine polarité du fragment influant sur sa reproduction.

Le premier et le dernier segment du fragment-souche, principalement le premier, sont souvent amincis comme si leur substance s'était épanchée dans les bourgeons. De plus, les rames du premier sétigère sont parfois

[1] Cette régénération complète n'est pas spéciale à *Syllis gracilis*. Nous l'avons observée aussi chez *Trypanosyllis cœliaca*.

incomplètes; en particulier, les soies adultes peuvent manquer. La régénération est sans doute précédée alors de phénomènes d'autotomie.

Nous avons dit que cette reproduction asexuée par fragmentation, *suivie de régénération*, n'était pas très commune chez les Annélides polychètes, au moins sous cette forme primitive. Citons le cas, bien étudié, de *Zeppelinia monostylos* et aussi ceux des *Phyllochætopterus* (Potts) et des *Telepsavus* (Lo Bianco). Elle existerait aussi chez les Oligochètes du genre *Lumbriculus*. On en connaît des exemples dans d'autres embranchements du règne animal, en particulier chez certains Cœlentérés, chez les Turbellariés triclades, chez les Échinodermes; le cas des Astéries (genre *Linckia* surtout) où un bras, même fragmenté, est capable de reproduire l'animal entier, mérite une mention spéciale.

Souvent cette reproduction asexuée est en antagonisme ou en alternance avec la reproduction sexuée. Pour ce qui concerne *Syllis gracilis*, nous pouvons seulement dire que, pendant les mois d'été, les individus avec produits génitaux sont extrêmement rares; nous nous rappelons avoir observé un individu avec œufs bleu indigo et un stolon femelle détaché.

EMBRYOGÉNIE. — *Développement des ébauches musculaires chez la larve d'un Anthozoaire* (Pocillopora cespitosa *Dana*) *au stade primitif de la symétrie tétraradiaire*. Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai récemment montré, en étudiant deux types d'Hexacoralliaires, *Pocillopora cespitosa* Dana et *Sériatopora subulata* Lamark, comment, par clivage d'une ébauche biradiaire, s'établissait chez l'embryon très jeune, un stade tétraradiaire jusqu'ici méconnu. Les caractères essentiels de la musculature longitudinale de l'appareil cloisonnaire se dessinent pendant l'évolution de ce stade. Je me propose de les mettre en lumière dans cette Communication : il découlera de leur connaissance une conception plus juste et plus générale de la morphologie de cet appareil chez les Anthozoaires.

Les formations musculaires qui, par leur développement, donneront naissance aux cloisons de l'adulte, font chez *Pocillopora cespitosa* leur apparition en deux temps.

Durant une première phase, aux deux points que j'ai désignés par les termes de foyer dorsal et de foyer ventral, dans la partie profonde de l'endoderme archentérique, on voit s'individualiser deux lames musculaires, constituées chacune par deux nappes

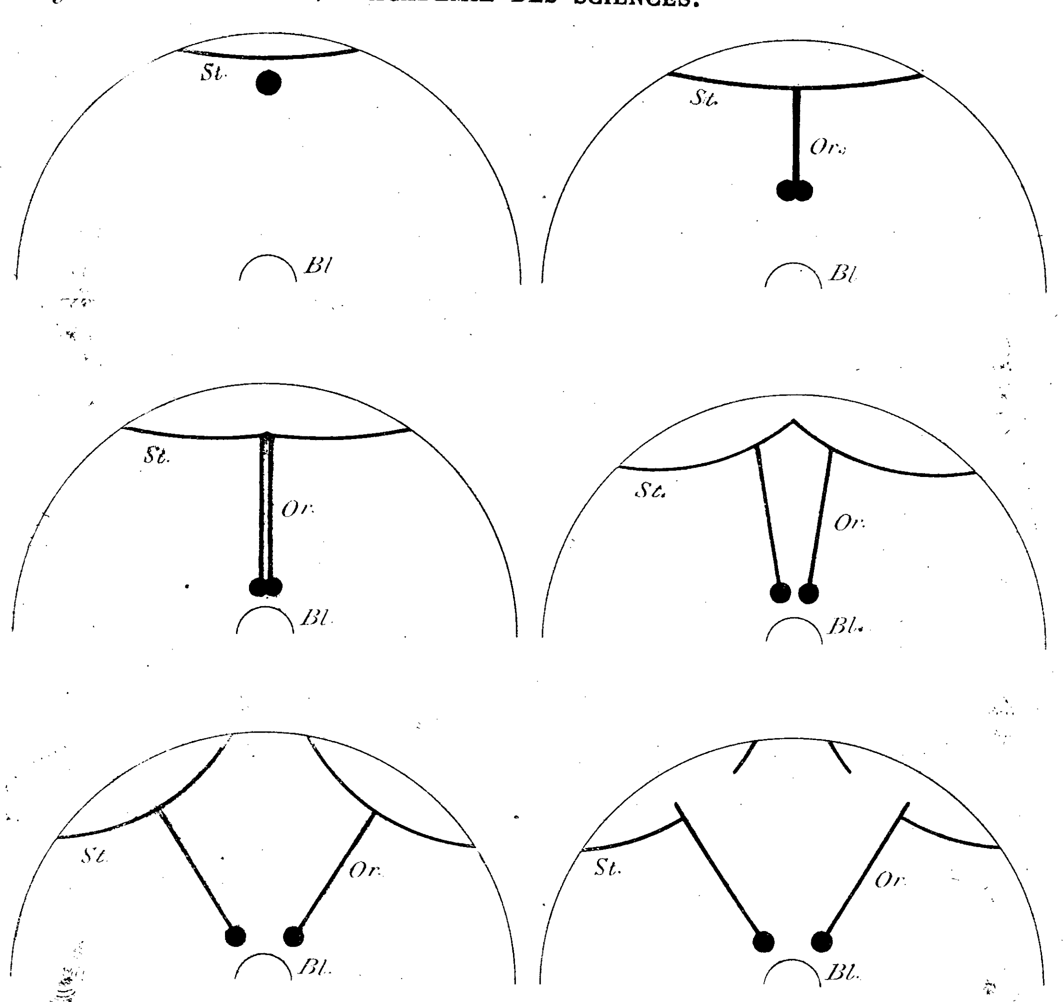


Fig. 1. — Évolution du Stérigmatosepte St. et de l'Orthosepte Or. Blastopore Bl.

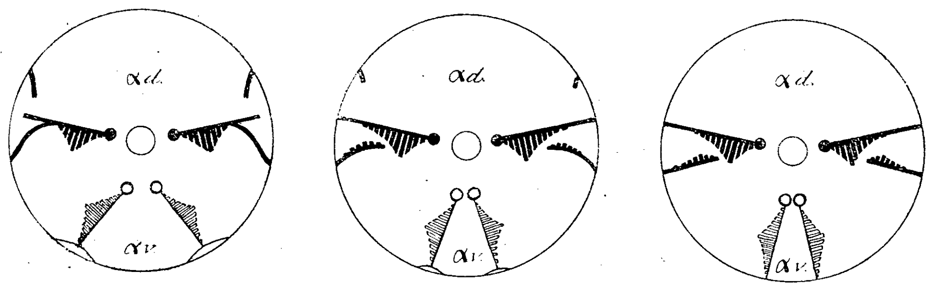


Fig. 2. — Montrant l'évolution du Stérigmatosepte et de l'Orthosepte au foyer dorsal αd, et au foyer ventral αv de la larve.

parallèles de fibrilles longitudinales. Contrairement à ce que l'on serait tenté de croire, ces lames ne sont pas disposées radialement suivant le diamètre passant par les deux foyers antagonistes de l'embryon : elles sont orientées perpendiculairement à ce diamètre, si bien qu'elles circonscrivent, entre leur face distale et la paroi du corps de la larve, un espace, pour l'instant clos, et d'ailleurs entièrement comblé par un matériel cellulaire appartenant à l'endoderme archentérique.

Je propose la désignation de *Stérigmatosepte* (στερίγμα = support), septe de support pour ce premier élément qui va servir de substratum au développement d'une nouvelle ébauche musculaire des plus importante par son avenir.

La naissance de cette seconde ébauche, greffée sur le stérigmatosepte suivant une ligne longitudinale médiane, marque le deuxième et dernier temps de l'apparition des éléments qui doivent concourir à l'édification du système cloisonnaire pendant le stade tétraradiaire. Il s'agit maintenant d'une formation orientée suivant le diamètre dorso-ventral de l'animal, c'est-à-dire perpendiculairement au stérigmatosepte sur le milieu duquel il s'insère. Ce nouvel élément, comme le stérigmatosepte lui-même, tire son origine de la juxtaposition de deux plans parallèles de fibres musculaires longitudinales : je le désignerai sous le nom d'*Orthosepte*, voulant par ce terme attirer l'attention sur son caractère embryonnaire le plus remarquable, son insertion orthogonale sur le stérigmatosepte.

Tel est le dispositif anatomique réalisé par chacun des deux foyers dorsal et ventral avant l'intervention du phénomène de clivage qui va engendrer le stade tétraradiaire. Les modifications que cette intervention apporte à la structure générale de la larve nous sont déjà connues; elles se résument en quelques mots pour ce qui est des ébauches musculaires que nous étudions : division de chaque stérigmatosepte en deux éléments semblables; délamination corrélative de chaque orthosepte; migration latérale de chacune des deux parties droite et gauche du complexe musculaire ainsi transformé.

Jusqu'à ce moment le foyer dorsal et le foyer ventral ont montré un parallélisme morphologique rigoureux : il faut cependant signaler que les structures ventrales sont toujours sensiblement en retard d'apparition sur les dorsales et que, de très bonne heure, elles témoignent d'une tendance à l'arrêt de développement. Cette tendance va désormais aller en s'accentuant : elle se traduit bientôt par la régression, puis par la disparition complète des deux stérigmatoseptes ventraux. Les deux orthoseptes de ce même foyer demeurés seuls se mettent en rapport d'attache directe avec la paroi du corps de la larve, et ce sont eux qui constituent les cloisons définitives alpha ventrales, connues sous le nom de directrices ventrales (cloisons III des auteurs).

Il faut opposer à la disparition des stérigmatoseptes ventraux leur persistance au foyer dorsal où l'étude de leurs transformations conduit aux constatations suivantes : la portion latéro-dorsale des deux stérigmatoseptes dorsaux s'amincit, dégénère, et disparaît. Par contre, la portion latéro-ventrale de ces mêmes éléments continue à se développer et à s'épaissir.

En même temps les orthoseptes, tout en restant encore en relation de continuité avec leur cloison support, commencent à se prolonger dans la direction de la paroi du corps qu'ils ne tardent pas à atteindre et à laquelle ils se soudent solidement et définitivement. Orthoseptes et stérigmatoseptes se séparent alors par rupture de leur point

d'attache. Enfin, après une rotation d'environ 90° autour d'une charnière représentée par leur ligne d'insertion à la paroi du corps, les stérigmatoseptes redressés se présentent parallèlement aux deux orthoseptes dont ils semblent maintenant, par suite de leurs dimensions très réduites, ne plus être que des éléments satellites. C'est d'ailleurs sous ce jour qu'ils étaient connus et décrits jusqu'ici : il est facile de se convaincre, en effet, que ces éléments ne sont autre chose que les petites cloisons qui accompagnent toujours ventralement le maître couple : ce sont les cloisons notées par les auteurs, tantôt 5, tantôt 6 suivant le matériel qu'ils ont observé ; la chose devient évidente dès que leur musculature orientée apparaît et prend ses dispositions caractéristiques. Quant aux deux orthoseptes, ce sont les deux grandes cloisons symétriques du maître couple lui-même, ce sont les cloisons alpha dorsales (cloisons I des auteurs).

Devant ces faits, le problème jusqu'alors si obscur de la signification des éléments microseptaux du système cloisonnaire des Anthozoaires prend une orientation nouvelle à la faveur de laquelle on peut espérer voir prochainement tomber quelques-unes des difficultés qui nous ont toujours obligé à adopter dans l'étude de ces êtres une attitude purement descriptive.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le rôle du microbe bactériophage dans la typhose aviaire.* Note [1] de M. F. d'Herelle, présentée par M. Roux.

L'épizootie de typhose aviaire que j'ai signalée dans une Note précédente m'a permis de nouvelles observations touchant le rôle du microbe bactériophage dans la genèse des maladies d'origine intestinale.

Si l'on examine les déjections de poules quelconques, saines ou malades, vivant en milieu normal ou en milieu contaminé, on constate qu'il existe toujours dans leur contenu intestinal un microbe filtrant bactériophage, hôte normal de l'intestin. Ce phénomène n'est d'ailleurs pas particulier à la poule, il est commun à tous les Vertébrés. Mais si la présence du microbe bactériophage est constante, l'activité, la virulence de ce microbe est essentiellement variable en qualité et en quantité. Vis-à-vis d'une bactérie donnée, du *B. sanguinarum* agent de la typhose aviaire par exemple, le microbe bactériophage peut être avirulent ou virulent, et dans ce dernier cas sa virulence peut s'exercer suivant une gamme qui va d'une action à peine décelable à une activité telle que, *in vitro*, l'ensemencement d'une trace d'une culture de ce bactériophage à virulence exaltée dans une émulsion

(1) Séance du 10 novembre 1919.

renfermant plusieurs milliards de bacilles, suffit pour tuer et lyser ces bacilles en l'espace de trois heures. On doit considérer ce microbe bactériophage comme l'agent d'une maladie contagieuse sévissant sur des bactéries; le microbe bactériophage est à la bactérie pathogène ce que la bactérie pathogène est à l'organisme supérieur qu'elle contamine; les modalités de l'action sont comparables.

La virulence du microbe bactériophage pour *B. sanguinarum* ne s'observe qu'en milieu contaminé; malgré de multiples recherches il m'a été impossible de trouver une poule vivant en milieu normal qui présentât dans son contenu intestinal un microbe bactériophage actif contre ce bacille. L'absence de virulence est également une règle absolue chez les animaux malades qui doivent succomber ou chez ceux qui ont succombé.

Si l'on examine les excréments de diverses poules d'une basse-cour où sévit la typhose, on constate que l'on peut isoler d'un certain nombre d'entre eux un microbe bactériophage plus ou moins actif vis-à-vis du bacille pathogène, dans les autres il est avirulent. Si l'on suit les oiseaux on voit que la maladie se déclare invariablement de un à cinq jours plus tard chez ceux qui avaient fourni des déjections renfermant un microbe bactériophage inactif vis-à-vis de *B. sanguinarum*, et uniquement chez ceux-là. L'animal est immun du moment où le microbe bactériophage qu'il abrite dans son intestin acquiert un pouvoir bactériophage pour le bacille pathogène, et l'immunité persiste tant que ce pouvoir se maintient assez élevé pour assurer la destruction rapide des bacilles ingérés; l'ingestion de bacilles pathogènes à intervalles suffisamment fréquents constitue le facteur principal du maintien de l'activité du microbe bactériophage pour le bacille considéré, l'état du contenu intestinal en constitue un autre.

La typhose est une maladie généralement mortelle, il arrive pourtant que des poules se rétablissent après avoir présenté des symptômes, même très accusés : j'ai pu suivre quelques-uns de ces cas suivis de guérison ; les faits que j'ai observés sont calqués sur ceux que j'ai décrits à propos de la guérison dans la dysenterie et la typhoïde humaine, c'est-à-dire que la guérison est invariablement précédée de l'apparition chez le microbe bactériophage intestinal d'une virulence exaltée pour le bacille pathogène.

Il arrive parfois que la typhose, après avoir sévi pendant un temps plus ou moins long dans une basse-cour, s'éteint brusquement sans qu'aucune circonstance apparente puisse expliquer cet arrêt subit; une enquête démontre que l'arrêt correspond toujours avec le moment où une poule gravement atteinte se rétablit. J'ai eu l'opportunité de pouvoir observer ce

curieux phénomène dans une ferme où il se produisit, trois ans après le début de l'enzootie, précisément au moment où j'y étudiais le rôle du microbe bactériophage : j'ai donc pu en suivre toutes les phases. Il résulte de l'examen des déjections de nombreuses poules, effectué avant et après l'arrêt, que le microbe bactériophage de la poule guérie, doué d'une virulence exaltée pour le bacille pathogène, s'est en moins de trois jours propagé à tous les habitants de la basse-cour. J'ai pu revérifier ce fait important dans un autre poulailler.

Tous les faits énoncés, y compris la contagion du microbe bactériophage par cohabitation dans une même cage, ont été reproduits expérimentalement.

J'ai montré dans des Notes antérieures que l'histoire d'un cas de dysenterie ou de typhoïde humaine reflète en réalité les péripéties de la lutte entre une bactérie, agent pathogène, et un microbe bactériophage, agent d'immunité; il en est de même dans la typhose aviaire, ce qui tend à démontrer qu'il s'agit d'un phénomène d'ordre général. L'étude de l'épizootie montre de plus que l'histoire de la contagion enregistre en dernière analyse l'histoire de la lutte entre les deux agents et que l'immunité est transmissible entre individus d'une même espèce : l'immunité est contagieuse au même titre que la maladie elle-même. Il résulte également des faits énoncés que l'ingestion d'une culture du microbe bactériophage provenant d'une souche douée d'une virulence exaltée pour le bacille pathogène doit être de nature à conférer l'immunité. Des expériences d'immunisation basées sur ce principe sont actuellement en cours dans la typhose aviaire, grâce à la collaboration de divers vétérinaires; les résultats obtenus jusqu'ici : cessation brusque de l'enzootie le jour même de l'administration du microbe bactériophage, confirment d'une manière indiscutable le rôle de ce microbe en tant qu'agent d'immunité.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'évolution des spirochètes de la fièvre récurrente chez le pou, telle qu'on peut la suivre sur les coupes en série de ces insectes.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Lebailly**, présentée par M. Roux.

Nos recherches antérieures ont fait voir par quel mécanisme indirect le pou transmet la fièvre récurrente à l'homme : Nourri sur des personnes ou singes malades, l'insecte, lorsqu'on l'examine aussitôt après le repas viru-

lent, montre dans son tube digestif des spirochètes identiques à ceux du sang qu'il vient d'absorber. Le lendemain, ces spirochètes ont disparu et ce n'est qu'après six jours au moins que de nouveaux spirochètes paraissent dans son système lacunaire. On ne les rencontre que là; ils sont absents de l'appareil piqueur et du contenu du tube digestif.

Ces constatations expliquent pourquoi les piqûres de ces poux ne sont pas virulentes, alors que le pou écrasé le devient. Elles avaient été pratiquées sur des poux disséqués et examinés à l'ultramicroscope. Il était intéressant de les contrôler sur des coupes et de chercher, par cette méthode plus précise, le siège exact de l'évolution des spirochètes chez l'insecte.

Le 4 août 1917, un macaque est inoculé avec le sang d'un malade atteint de fièvre récurrente. Deux jours plus tard, son sang montre de nombreux spirochètes. Un lot de poux est infecté sur lui le soir même et le lendemain matin; puis, ces poux sont nourris sur l'homme. On en prélève quelques-uns : 1 heure après le premier repas infectant, 16 heures ensuite, les 3e, 4e, 5e et 6e jours. Ils sont imprégnés au nitrate d'argent suivant la méthode Cajal Levaditi, inclus dans la paraffine et débités en séries. L'examen des coupes a donné les résultats suivants :

Une heure après le premier repas infectant, présence de spirochètes nombreux, ayant les caractères de ceux du sang, dans toute la longueur du tube digestif. Ils tendent à former des amas au centre de la lumière de ce tube. L'intestin antérieur (estomac et diverticules stomacaux) est en outre le siège de phénomènes particuliers. Son revêtement se compose de cellules épithéliales hautes, mamelonnées, saillantes. Les spirochètes s'orientent vers elles, pénètrent dans leurs interstices et se logent dans l'intérieur de ces cellules, dont ils embrassent le noyau dans leur concavité. L'intestin moyen et l'intestin postérieur ne montrent la présence de spirochètes que dans la lumière du conduit.

A la seizième heure du premier repas, seconde du deuxième, même aspect. Les spirochètes sont seulement plus nombreux à l'intérieur des cellules stomacales. *Six heures ensuite*, on constate encore la présence de spirochètes intracellulaires. *A la quarantième heure*, au contraire, l'examen des coupes est négatif; les spirochètes ont disparu. Ils demeurent absents les 4e et 5e jours.

Sur les coupes de poux examinés *après 144 heures* (début du 6e jour du premier repas), des spirochètes nouveaux ont paru; *ils se rencontrent seulement dans le liquide sanguin;* leur abondance y est extrême, *surtout dans les*

espaces lacunaires des pattes et jusqu'à l'extrémité des antennes. L'aspect de ces spirochètes est celui des spirochètes du sang; même longueur; peut-être comptent-ils plus de tours de spire et sont-ils plus grêles?

L'étude des coupes ([1]) confirme donc exactement ce qu'avaient prouvé les dissections. Elle apporte en outre la connaissance du siège de l'évolution des spirochètes. *Cette évolution se passe dans l'intérieur des cellules épithéliales de l'intestin antérieur.* Les masses de pigment sanguin, qui encombrent ces cellules, ne permettent pas de suivre les stades de cette transformation. Il ne nous a pas été non plus possible de constater le passage des spirochètes de ces cellules dans les espaces sanguins.

L'abondance particulière des spirochètes dans les pattes est un fait intéressant. Ces organes sont d'une extrême fragilité; le moindre traumatisme les brise. Par la petite plaie qu'il détermine, le liquide lacunaire virulent s'écoule; il souille la peau; l'ongle contaminé inocule facilement les spirochètes au travers des téguments excoriés ou bien par frottement des yeux et souillure de la conjonctive. Nous saisissons donc exactement comment se fait l'infection naturelle.

Ces détails ne surprendront que ceux qui ignorent par quelles voies indirectes tant de virus nous pénètrent.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

([1]) Les détails de ces examens seront publiés dans un autre Recueil.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 NOVEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la richesse en cuivre des terres cultivées.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

La présence du cuivre dans les plantes, reconnue chez un grand nombre d'espèces différentes, implique nécessairement celle du même métal dans la terre qui les a portées, mais on ne possède encore à cet égard aucune donnée quantitative. On ne sait pas si tous les sols en renferment, et l'on ignore absolument ce que devient le cuivre des préparations anticryptogamiques qui servent dans la culture des arbres fruitiers, de la pomme de terre et surtout de la vigne. Nous avons cru intéressant de faire sur ce sujet une série de recherches systématiques, portant à la fois sur des terres non sulfatées et d'autres traitées aux bouillies cupriques.

Le dosage du cuivre total, y compris celui qui, éventuellement, entre dans la composition de minéraux complexes, ne présente aucun intérêt au point de vue agricole; il fallait donc imaginer une méthode empirique, qui donne seulement la proportion de métal facilement attaquable, dans des conditions données, ce que nous appellerons le cuivre assimilable, que renferme la terre. Nous nous sommes arrêtés au mode opératoire suivant.

Dans un vase conique, on introduit 6^{g} de terre fine et 50^{cm^3} d'acide sulfurique à 10 pour 100, on tare et l'on fait bouillir très doucement pendant une demi-heure, après quoi l'on ramène au poids primitif, pour compenser la légère perte due à l'évaporation. On ajoute alors 10^{cm^3} d'eau, de manière à avoir un volume total de liquide égal à 60^{cm^3} (on néglige les variations de volume et de poids qui résultent, pour les terres très calcaires,

de la transformation du carbonate de chaux en sulfate) et l'on centrifuge. Du liquide clair on prélève une fraction connue, on concentre, s'il y a lieu, et l'on électrolyse. Le cuivre qui se dépose est redissout dans quelques gouttes d'acide nitrique et dosé colorimétriquement par la méthode que nous avons fait connaître dans une Note précédente [1]. Les résultats sont comparatifs lorsqu'on a soin d'opérer toujours de la même manière.

Nous avons examiné ainsi 140 échantillons de terres qui nous ont été fournies par les stations agronomiques, la Compagnie des Salins du Midi et plusieurs propriétaires de vignobles, sollicités en notre faveur par notre éminent confrère M. Viala. Nous sommes heureux d'avoir ici l'occasion d'adresser nos plus sincères remercîments à toutes les personnes qui ont bien voulu nous aider de leur concours en cette circonstance.

Tous les sols contiennent du cuivre, mais en quantité très variable avec leur mode de culture. Les terres arables proprement dites n'en renferment que très peu, quelques millionièmes seulement de leur poids; devant le peu d'intérêt que présente dans ce cas la question, comme aussi l'impossibilité où nous sommes de publier tous nos résultats dans cette courte Note, nous n'en donnerons qu'une moyenne générale par département. Les terres à vigne régulièrement traitées en contiennent, au contraire, une proportion notable, et il est curieux de constater, en comparant ces terres à celles des mêmes régions qui portent d'autres cultures, l'énorme influence qu'exercent les traitements sur leur richesse superficielle en cuivre.

Rappelons à ce propos que, en année moyenne, on fait subir à la vigne quatre ou cinq traitements comportant chacun de 10^{kg} à 12^{kg} de sulfate de cuivre, soit en tout de 50^{kg} à 60^{kg} de sel cristallisé, correspondant à environ 14^{kg} de métal par hectare et par an. Cette dose est d'ailleurs fréquemment surpassée, le nombre des traitements devant être porté jusqu'à 8, 10 et même 14, pendant les années pluvieuses ou sur les terrains naturellement humides.

Que devient cette énorme quantité de métal qui, chaque année, vient s'ajouter à celle que renfermait déjà la terre? Y reste-t-il ou est-il entraîné par les eaux de drainage? Remarquons que la vendange n'en enlève qu'une fraction insignifiante et que les feuilles tombées sur le sol lui restituent la totalité du cuivre qu'elles ont reçu lors des pulvérisations.

Grâce à l'extrême obligeance de MM. Rousseaux, directeur de la Station agronomique d'Auxerre, Mathieu, directeur de la Station œnologique de Beaune, Verneuil, propriétaire à Cozes (Charente-Inférieure), Larnaude

(1) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 489.

(domaine de Houtaubère, Castelnau-d'Auzan, Gers), Capus (Cadillac, Gironde) et Bouchart (château Lamarzelle, Saint-Émilion), nous avons pu déterminer la répartition du cuivre entre le sol et le sous-sol, et même entre les différentes couches de la terre, prélevées de 12^{cm} en 12^{cm} à partir de la surface, jusqu'à $0^{m},50$ de profondeur totale.

Les résultats sont résumés dans les Tableaux suivants. Les doses de cuivre y sont indiquées en milligrammes par kilogramme de terre fine; les chiffres entre parenthèses font connaître le nombre des échantillons sur lesquels porte la moyenne.

1° *Terres arables proprement dites et divers.*

Aveyron	Terres hautes de labour (5)	2
Calvados	Herbages, cultures de ferme et de pommiers (7).	4
Ille-et-Vilaine	Terre de jardin, Saint-Briac	7
Eure-et-Loir	Cultures diverses (14)	7
Finistère	Cultures diverses, landes (10)	10
Gard	Sable stérile du littoral	3
Seine	Muséum, jardin du laboratoire	30
	Muséum, pépinière	50
	Clamart, terres de jardin et de sous-bois (3)	7
Seine-et-Oise	Cultures de ferme (5)	5
Seine-Inférieure	Herbages, cultures diverses (11)	12
Vendée	Terres de limon, dunes (4)	3
Yonne	Terres à blé et à légumes (9)	3
Terre de bruyère		2
Terre du Maroc		3
Terre du Brésil (Santa-Cruz)		25
Terre du Japon		10
Cendres de la Montagne Pelée		11
Basalte du Plateau Central		3
Granite de Vire		12
Microcline de Roscoff		1 ?
Muscovite		2
Eau de Seine		0,012
Eau de source		0,006
Eau de lavage de la terre du Muséum		0,034

Trois des échantillons d'Eure-et-Loir, prélevés dans l'arrondissement de Nogent-le-Rotrou, se sont montrés exceptionnellement riches, avec des teneurs de 14, 19 et 30^{mg}. M. Garola, directeur de la Station agronomique de Chartres, a trouvé de son côté, dans le même département, une terre contenant par kilogramme 930^{mg} de cuivre, dont il n'a pu découvrir l'origine. Nous nous contenterons donc de signaler le fait.

Une terre du Finistère, prise sur les schistes de Porsguen, s'est trouvée contenir 42^{mg} de cuivre, provenant sans doute de la minéralisation naturelle du sol; d'après M. Vincent, directeur de la Station agronomique de Quimper, ce n'est cependant que dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres que

l'on rencontre quelques petits gîtes de pyrite, de galène argentifère et de stibine, contenant peut-être du cuivre.

Les terres du Muséum sont des terres rapportées; celle de la pépinière a été fréquemment sulfatée.

Parmi les terres de la Seine-Inférieure on en a rencontré une, formée d'éboulis et soumise à la culture maraîchère, aux portes de Rouen, qui contenait 65^{mg} de cuivre, c'est-à-dire autant qu'une terre à vigne; une autre, en provenance d'Envronville, en renfermait 28^{mg}. Ces quantités exceptionnelles résultent sans doute de l'emploi intensif, comme engrais, de gadoues et de résidus d'équarrissage désinfectés au sulfate de cuivre. Les autres échantillons titraient seulement de 1^{mg} à 5^{mg}.

2° *Terres à vigne et terres arables comparées.*

Côte-d'Or. Envois de M. Mathieu, directeur de la Station et de l'Institut œnologiques de Beaune et de Dijon.	Beaune	Vigne de la station, sulfatée depuis 15 ans	61
		Jardin de la station	28
	Champagne Saint Nicolas	Vigne traitée depuis 30 ans	100
		Terre arable	24
	Dijon	Vigne de l'Institut, traitée depuis 15 ans	39
		Jardin de l'Institut	8
	Les Reversées	Vigne traitée depuis 20 ans	196
		Terre arable	39
	Levernois	Vigne traitée depuis 30 ans	45
		Terre arable	8
	Sainte Marie la Blanche	Vigne traitée depuis 20 ans	196
		Terre arable	9
Gard. M. Fabre, de Nîmes; Comp^{ie} des Salins du Midi; MM. Astruc et Roos, directeurs des Stations œnologiques du Gard et de l'Hérault.	Les Aubes	En vigne depuis plus de 25 ans	90
		Sans vigne	28
	Beauvoisin	Vigne traitée depuis 1883	250
		Terre nouvellement défrichée	5
	Margueritte	Coteau en vigne	50
		Coteau sans vigne	5
		Terre de plaine en vigne	55
		Terre de plaine sans vigne	2
	Mas de Mahystre	Vigne traitée depuis 1890	80
		Terre non sulfatée	12
	Le Sorbier Grézan	En vigne depuis 1892	250
		Sans vigne	20
	Aigues-Mortes	Clos Lombard, sulfaté	60
		Clos du Puits, sulfaté	30
		Vignoble de Jarras, sulfaté (3)	150
		Terre inculte	2
	Clarensac	Vigne sulfatée	70

2° *Terres à vigne et terres arables comparées* (suite).

HAUTE-GARONNE. M. Vincens, directeur de la Station œnologique.	Beaumont-sur-Lèze	Terre à vigne	93
		Terre arable	16
	Ondes	Terre à vigne	71
		Terre arable	8
HÉRAULT. M. Roos, directeur de la Station; Cie des Salins du Midi.	Condamme	Vigne sulfatée depuis 12 ans	107
		Vigne traitée de 1882 à 1915, non depuis	43
		Terre non sulfatée	15
	Villeroy, près Cette	Vigne sulfatée (3)	60
		Terre inculte	6

3° *Terres à vigne prises à différentes profondeurs.*

			Surface.	Sous-sol.
GERS.	Houtaubère, Castelnau-d'Auzan (M. Larnaude)		75	5
GIRONDE.	Barsac (M. Capus)		107	14
	Pépinières de Béguey (id.)		160	71
	Champ d'expériences de Cadillac (id.)		45	28
	Château Lamarzelle, St-Émilion (M. Bouchart).	sol argileux	178	8
		sol siliceux	160	3

		Jusqu'à $0^m,12$.	De $0^m,12$ à $0^m,25$.	De $0^m,25$ à $0^m,37$.	De $0^m,37$ à $0^m,50$.	A $0^m,50$.
CHARENTE-INF.	Cozes (M. Verneuil)	112	57	6	5	5
COTE-D'OR.	Institut œnologique	20	6	6	7	6
	Levernois	32	6	6	6	5
YONNE.	La Chaînette	61	17	11	5	6
	Vigne de Marcilly	128	18	5	5	5

Dans tous les cas, les terres à vigne sont plus chargées de cuivre que celles qui sont soumises à l'assolement normal; la différence, souvent énorme, est très variable avec la nature des terres examinées. Il est difficile de dire à quoi tiennent ces variations parce qu'il faudrait pouvoir tenir compte de l'importance des traitements, ainsi que de la manière dont les échantillons ont été prélevés; il semble néanmoins que ce soient les terres les plus fines qui retiennent le mieux le cuivre; d'après les très nombreux dosages de chaux que nous avons effectués, concurremment avec ceux du cuivre, leur richesse en calcaire ne paraît avoir sur cette rétention aucune influence.

Un autre fait, à tous égards beaucoup plus important, qui ressort de

notre travail, est que le cuivre apporté par les pulvérisations ne pénètre qu'avec une extrême difficulté dans les profondeurs de la terre. Ordinairement, le sol d'une terre à vigne, à $0^m,30$ au-dessous de la surface, n'en renferme pas plus que celui d'un herbage ou d'une terre à céréales; il y a donc accumulation superficielle, et cette accumulation n'est pas loin, dans certains cas, de représenter la totalité du métal qui a été fourni à la vigne depuis l'origine de ses traitements, puisqu'elle peut atteindre 200^{kg} et 300^{kg} par hectare de cuivre métallique, équivalent à environ une tonne de sulfate.

Si les causes de déperdition du cuivre n'augmentent pas d'importance, on peut se demander ce que deviendront ces terres après un siècle et plus d'un pareil régime. Aimé Girard qui, il y a 25 ans, s'était déjà posé cette question, a conclu de ses recherches à l'innocuité complète, pour différentes cultures, du sulfate de cuivre introduit dans la terre à doses massives, allant jusqu'à 1500^{kg} par hectare ([1]).

Actuellement, la plupart des viticulteurs, qui, depuis le temps qu'ils se servent des bouillies cuivriques, n'auraient pas manqué de voir et de signaler toute action nocive résultant de leur emploi, sont du même avis; certains même opinent à croire que la culture de la vigne améliore la terre, ce qui peut tenir aux résidus laissés dans le sol par les fumures antérieures. Dans tous les cas, il paraît certain que le cuivre, à l'inverse de ce qui s'observe dans les cultures de laboratoire en solutions aqueuses, devient inoffensif en pénétrant dans la terre, ce qui nous conduit à admettre que, à la suite de réactions encore mal définies, il y est amené à un état d'insolubilité tel que l'eau d'alimentation des plantes n'en renferme plus que des traces, comme celles que nous avons rencontrées dans l'eau de la Seine ou l'eau de lavage de la terre du Muséum, où par ailleurs les propriétés antitoxiques du calcium s'exercent en toute liberté.

Comme, enfin, rien n'autorise à supposer que le métal vénéneux puisse un jour ou l'autre se redissoudre en proportion dangereuse, nous pouvons conclure de toutes ces observations qu'il n'y a pas lieu, dans l'état actuel de nos connaissances, de s'inquiéter de l'avenir de nos terres à vigne.

([1]) *Comptes rendus*, t. **120**, 1895, p. 1147.

ÉLECTRICITÉ. — *Amplitude du courant oscillant produit par les audions générateurs.* Note [1] de M. A. **Blondel**.

J'ai exposé précédemment [2] la façon dont on peut déterminer par anamorphose de la courbe caractéristique d'un audion la caractéristique d'oscillation reliant la variation u de la tension de plaque à la variation i du courant de plaque d'un audion générateur; u est mesuré entre les bornes sur lesquelles sont branchés en dérivation une self-induction L de résistance r_1 et un condensateur de capacité C en série avec une résistance r_2. Dans le cas le plus ordinaire, que j'ai traité au paragraphe 1, l'excitation de la grille est produite par induction; l'anamorphose se fait au moyen de droites horizontales correspondant à des valeurs de U constantes, l'excitation de la grille étant proportionnelle à u [3]. La figure 1 rappelle et précise cette construction dans ce cas.

La caractéristique d'oscillation se présente par rapport à la caractéristique statique comme obtenue par la rotation de celle-ci dans le sens sinistrorsum autour du point de régime statique P et avec un changement de signe de $\frac{u}{i}$ en même temps que du signe de la courbure; c'est-à-dire que la caractéristique, rapportée à i comme abscisse et à u comme ordonnée, a la concavité de sa branche supérieure de gauche tournée vers les u croissants, contrairement à ce qui a lieu pour la caractéristique dynamique obtenue dans le cas où l'excitation de grille est proportionnelle au courant i [4].

La résistance apparente d'oscillation $\frac{u}{i} = -\rho\frac{kM - L}{L}$, qui est négative [5], est mesurée par le coefficient angulaire de la tangente au point P,

---

[1] Séance du 17 novembre 1919.

[2] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 676 et 820.

[3] On néglige ainsi en première approximation le décalage produit par la résistance r_1 qui sera introduite dans les calculs qui vont suivre.

[4] Dans ma dernière Note, le lecteur est prié de reporter avant le dernier alinéa de la page 679 la phrase des lignes 8 à 12 de la page 678, qui a été transposée par suite d'une erreur de copie et qui se rapporte en réalité au cas de l'excitation de grille proportionnelle à i.

[5] Les connexions de la bobine d'induction sont disposées de manière que la force électromotrice induite sur la grille soit de signe opposé à celle qui est induite dans la bobine. Pour éviter toute erreur, on explicite ici le signe de M; M représentera donc dans ce qui suit toujours une valeur *positive*.

qui a pour valeur évidente $\rho' = -\rho \frac{kM - L}{L}$, en appelant ρ le coefficient angulaire de la tangente à la courbe statique, la condition d'amorçage est

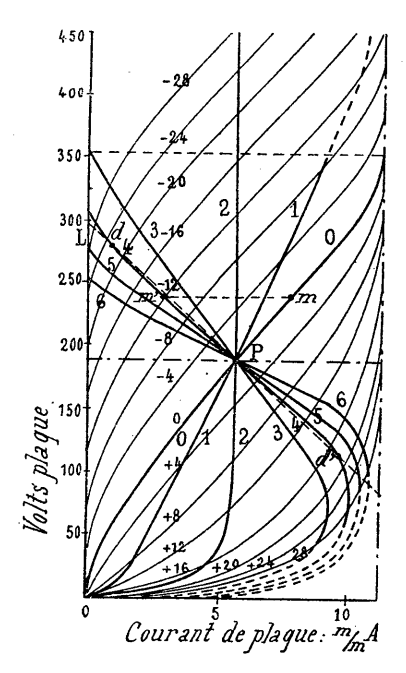


Fig. 1. — Exemple de caractéristiques dynamiques de l'audion générateur déduites par anamorphose de la caractéristique statique passant par le point de régime moyen P et rapportées au courant de plaque I (en abscisses) et à la différence de potentiel U entre la plaque et le filament (ordonnées). Les courbes en traits fins représentent les caractéristiques statiques d'un audion dans l'hypothèse simplificatrice de l'invariabilité du courant de saturation [1]. Les courbes en traits forts indiquent les caractéristiques dynamiques correspondant à divers degrés de couplage par induction de la grille. Les caractéristiques dynamiques 1, 2, 3, 4, 5, 6, obtenues par anamorphose de la caractéristique statique V = o au moyen de lignes horizontales, correspondent à des valeurs de $\frac{M}{L}$ croissantes de o à 0,40 (valeurs intermédiaires : 0,05; 0,10; 0,20; 0,25; 030). La droite PL ayant pour coefficient angulaire $-R_0$ représente la limite d'amorçage *au-dessus* de laquelle doit passer la caractéristique dynamique pour qu'il y ait oscillation.

que ρ' soit inférieur en valeur absolue à la résistance ohmique R_0 équivalente aux deux dérivations quand la condition d'oscillation est réalisée,

---

[1] Cf. G. Gutton, *Revue générale d'Électricité*, t. 6, p. 634, 1919. On néglige dans tous les cas le courant filament-grille, qui peut devenir notable pour des potentiels de grilles positifs; il y a d'ailleurs toujours intérêt à donner à la grille un potentiel négatif au lieu du potentiel O choisi dans le cas le plus défavorable du régime P sur la figure 1.

c'est-à-dire que la tangente doit être moins inclinée sur l'horizontale que la droite représentant R_0, contrairement à la condition obtenue pour la résistance négative d'un arc chantant.

Je me propose de montrer dans ce qui suit, par un calcul approximatif, comment l'amplitude des oscillations est nulle quand la condition d'amorçage est strictement réalisée et comment la valeur plus forte qu'elle prend quand on augmente le couplage M est limitée par la courbure de la courbe statique.

Si, dans le régime oscillatoire superposé au régime statique, on appelle i l'intensité du courant de plaque à l'instant t, i_1 et i_2 les intensités correspondantes dans les branches de self-induction L et de capacité C, ayant les résistances r_1 et r_2 respectivement, u la tension oscillante entre les bornes des circuits dérivés, le régime oscillant est caractérisé par les trois équations

$$(1)\quad i_1 + i_2 = i; \qquad (2)\quad r_1 i_1 + L\frac{di_1}{dt} = u; \qquad (3)\quad r_2 i_2 + \frac{1}{C}\int i_2\,dt = u.$$

En substituant (1) dans (3) et en dérivant deux fois, l'équation (3) devient

$$(4)\qquad \frac{d^2u}{dt^2} = r_2\frac{d^2}{dt^2}(i - i_1) + \frac{1}{C}\frac{d}{dt}(i - i_1).$$

Comme je l'ai expliqué, le terme $r_1 i_1$ dédouble la caractéristique d'oscillation en la transformant en une boucle qui s'en éloigne peu; pour les approximations que l'on va faire, on est en droit de considérer $r_1 i_1$ comme une correction très petite par rapport aux termes en $L\frac{di_1}{dt}$ et $\frac{1}{C}\int i_2\,dt$; ce qui permet de résoudre (2) par un développement en série en fonction des puissances croissantes de r_1, sous la forme

$$(5)\qquad \frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L}(u - r_1 i_1) \approx \frac{1}{L}\left[u - \frac{r_1}{L}\int_0^t u\,dt + \frac{r_1^2}{L^2}\int_0^t dt\int_0^t u\,dt - \ldots\right].$$

En substituant (5) dans (4) et en dérivant pour éliminer l'intégrale, on obtient

$$(6)\qquad \frac{d^3u}{dt^3} + \frac{r_2}{L}\frac{d^2u}{dt^2} + \left(\frac{1}{CL} - \frac{r_1 r_2}{L^2}\right)\frac{du}{dt} - \frac{r_1}{CL^2}u - r_2\frac{d^3i}{dt^3} - \frac{1}{C}\frac{d^2i}{dt^2} = 0.$$

En appelant M la valeur absolue (positive) du coefficient d'induction

mutuelle considéré plus haut, le potentiel de grille à l'instant t, est

$$(7)\qquad v = -\mathrm{M}\frac{di_1}{dt} \approx -\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{L}}\left(u - \frac{r_1}{\mathrm{L}}\int_0^t u\,dt + \ldots\right).$$

Reste à expliciter la relation entre u et i en tenant compte des propriétés spéciales de l'audion : d'après les expériences de Langmuir, Vallauri, etc., si l'on appelle k le *coefficient d'amplification* de l'audion, le courant i est représenté par une fonction de v et de u sensiblement indépendante de u [1]; il est donc de la forme

$$(8)\qquad i = \mathrm{F}(u + kv),$$

dans laquelle F représente une fonction qui se traduit par une courbe connue présentant une très longue inflexion aux environs de la valeur moyenne du courant statique I (égale à environ la moitié du courant de saturation). Nous supposerons ici qu'on ne sort pas de la région où cette courbe conserve la même forme (8) quel que soit v et se déplace seulement parallèlement à elle-même par une translation suivant l'axe des u quand on fait varier v; c'est ce qui permet d'écrire l'équation (8) et de la développer sous forme d'une série à termes impairs, qui sera sûrement convergente [2]:

$$(8\ bis)\qquad i = b_1(u + kv) - b_3(u + kv)^3 - b_5(u - kv)^5 - \ldots.$$

Si l'on remplace dans (8 *bis*) v par son expression (7) après avoir posé

$$(9)\qquad \frac{k\mathrm{M}}{\mathrm{L}} - 1 = h,$$

cette équation devient

$$(10)\qquad i = b_1\left(hu + \frac{k\mathrm{M}r_1}{\mathrm{L}_2}\int u\,dt\right) - b_3\left(hu + \frac{k\mathrm{M}r_1}{\mathrm{L}_2}\int u\,dt\right)^3 + \ldots.$$

On peut calculer les dérivées successives de F par rapport au temps pris comme variable principale en considérant F comme fonction implicite :

$$(11)\qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{d\mathrm{F}}{dt} = \dfrac{d\mathrm{F}}{du}\dfrac{du}{dt}; \qquad \dfrac{d^2\mathrm{F}}{dt^2} = \dfrac{d^2\mathrm{F}}{du^2}\left(\dfrac{du}{dt}\right)^2 + \dfrac{d\mathrm{F}}{du}\dfrac{d^2u}{dt^2}; \\ \dfrac{d^3\mathrm{F}}{dt^3} = \dfrac{d^3\mathrm{F}}{du^3}\left(\dfrac{du}{dt}\right)^3 + 3\dfrac{d^2\mathrm{F}}{dt^2}\dfrac{du}{dt}\dfrac{d^2u}{dt^2} + \dfrac{d\mathrm{F}}{dt}\dfrac{d^3u}{dt^3}; \end{array}\right.$$

---

(1) Ce n'est pas complètement exact, parce que le courant de saturation tend à croître avec u, mais on peut se contenter ici de cette approximation.

(2) Les coefficients b_1, b_3, b_5 sont respectivement homogènes à $\frac{1}{\mathrm{R}}, \frac{\mathrm{U}^2}{\mathrm{R}}, \frac{\mathrm{U}^4}{\mathrm{R}}$.

d'où, en reportant les expressions développées de (11) dans (6),

$$(12)\quad \frac{d^3u}{dt^3}+\frac{d^2u}{dt^2}\frac{r_2}{L}+\frac{du}{dt}\left(\frac{1}{CL}-\frac{r_1r_2}{L^2}\right)-\frac{r_1}{CL^2}u$$
$$-\left(r_2\frac{d^3u}{dt^3}+\frac{1}{C}\frac{d^2u}{dt^2}\right)\left[b_1\left(h-\frac{kMr_1}{L^2}u\right)-3b_3h^3u^2-\ldots\right]$$
$$-\left[3r_2\frac{d^2u}{dt^2}\frac{du}{dt}+\frac{1}{C}\left(\frac{du}{dt}\right)^2\right]\left[-\frac{b_1kMr_1}{L^2}-6b_3h^3u+\ldots\right]$$
$$-r_2\left(\frac{du}{dt}\right)^3\left[-6b_3h^3-\ldots\ldots\right]=0.$$

Telle est l'équation finale du problème mise sous forme de série dans laquelle il n'y a plus qu'une inconnue u; on a le droit, puisque les considérations physiques indiquées plus haut assurent que les séries sont convergentes, de substituer à u une série de Fourier :

$$u=\sum(A_n\sin n\omega t+B_n\cos n\omega t).$$

La solution se réduit à l'identification des polynomes servant de coefficients aux variables $\sin\omega t$, $\cos\omega t$, $\sin 2\omega t$, ...; les séries représentant les courants i_1 et i_2 se déduiront ensuite de celle de u respectivement par les équations (2) et (3) que l'on résoudra pour chaque terme harmonique successivement.

La solution mathématique est donc théoriquement possible, mais pratiquement trop compliquée; au point de vue du physicien, je me contenterai d'envisager ici une première approximation simplifiée d'après des considérations physiques : la forme de la caractéristique donne, en effet, la certitude que la série sera convergente et qu'elle ne contiendra que des termes impairs (au moins si l'on prend un point de régime correspondant à une tension suffisamment négative de la grille, hypothèse que nous ferons ici) et quand les coefficients $b_3 b_5$ représentant les courbures sont très faibles par rapport à b_1, qui représente l'inverse de ce qu'on appelle la *résistance intérieure* ρ *de l'audion au voisinage du point de régime statique* P. Dans cet ordre d'idées, bornant, pour l'instant, le problème à la recherche de l'amplitude A_1 de l'oscillation principale, il suffit de poser :

$$u=A_1\sin\omega t.$$

Tout calcul fait, on arrive ainsi aux équations

$$(13)\quad -\omega^2+\frac{1}{CL}+r_2\omega^2\left(b_1h-\frac{3}{4}b_3h^3A_1^2\right)-\frac{r_1r_2}{L^2}=0,$$

$$(14)\quad \frac{b_1h}{C}\omega^2-\frac{3}{4}b_3h^3\omega^2\frac{A_1^2}{C}-\omega^2\frac{r_2}{L}-\frac{r_1}{CL^2}=0,$$

obtenues en égalant à zéro les coefficients des termes en $\cos\omega t$ et $\sin\omega t$ du développement; on déduit de la première et de la seconde respectivement la pulsation ω et l'amplitude A_1 :

$$(15)\qquad \omega^2 = \frac{1}{CL}\,\frac{1 - r_1 r_2 \frac{C}{L}}{1 - \frac{r_2}{\rho} h_0} \approx \frac{1}{CL}\left(1 + \frac{r_2}{\rho} h_0 - r_1 r_2 \frac{C}{L}\right),$$

$$(16)\qquad A_1 = \frac{2}{h}\sqrt{\frac{-b_1 + \frac{r_2 C}{hL} + \frac{r_1}{h\omega^2 L^2}}{-3b_3}} \approx \frac{2}{h}\sqrt{\frac{-b_1 + \frac{r_1 + r_2}{hL} C}{-3b_3}} = \frac{2}{h}\sqrt{\frac{1 - \frac{h_0}{h}}{3\rho b_3}},$$

en désignant, pour simplifier, par h_0 la valeur de h correspondant à la limite d'amorçage $\left(h_0 = \rho C \frac{r_1 + r_2}{L}\right)$ et en se rappelant que $b_1 = \frac{1}{\rho}$ et $h = \frac{kM - L}{L}$.

La première formule montre que la pulsation dépend non seulement de C et L, mais encore de la résistance r_2 qui peut l'accroître légèrement; la seconde formule montre que l'amplitude s'annule quand le réglage est fait à la limite d'amorçage $(h = h_0)$ et que l'on a tort, par conséquent, de confondre la limite d'amorçage avec une condition d'entretien des oscillations; celles-ci ne deviennent notables que si h est plus grand que h_0 (ce que nous avons exposé plus haut, sous une autre forme, en écrivant $\rho' < R_0$); on voit également que l'amplitude des oscillations est pratiquement limitée par le coefficient de courbure b_3 [1].

ω étant déterminé, les courants i, i_1 et i_2 se déduisent des équations (1), (2) et (3) et en fonction de u, par les formules harmoniques ordinaires.

---

[1] Pour certains audions à caractéristique à très longue inflexion, le terme en b_5 interviendrait sans doute; le calcul devient beaucoup plus compliqué, et la formule actuelle peut être considérée comme suffisante pour l'explication du fonctionnement.

Dans le cas de $h_3 = 0$, qui donne une caractéristique d'oscillation verticale et qui peut s'élever indéfiniment au-dessus du point P, l'amplitude peut être théoriquement infinie (mais sans génération d'*énergie*) ; pratiquement, elle est limitée par la courbure inverse de celle du cas normal que présente cette caractéristique dans sa partie descendante, à partir d'une certaine valeur positive du potentiel de grille.

NOMINATIONS.

Le **Comité d'initiative** *pour la commémoration du centenaire de Laënnec* invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter au Comité définitif d'organisation.

M. **A. Laveran** est désigné par l'Académie.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Metchnikoff*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

M. Ch. D. Walcott obtient	. . . .	44 suffrages
M. A. Michelson »	. . . .	2 »
M. G. Ciamician »	. . . .	1 suffrage

M. **Ch. D. Walcott**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux Membres de la Division des sciences mathématiques, deux Membres de la Division des sciences physiques et deux Académiciens libres qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Landouzy*.

MM. **P. Appell**, **Ch. Lallemand**; **L. Bouvier**, **Ch. Moureu**; **A. Carnot**, **J. Carpentier** réunissent la majorité absolue des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui fera partie de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, en remplacement de M. *Armand Gautier*, dont le mandat est expiré.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Universitatum et eminentium scholarum Index generalis*, publié sous la direction de R. de Montessus de Ballore, avec l'encouragement du Ministère de l'Instruction publique. (Présenté par M. P. Appell.)

2° *Proceedings of the medical Conference held at the invitation of the* Committee of Red Cross societeis. Cannes, France, april 1 to 11, 1919.

3° *Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander* (Wildhorn, Wildstrubel, Balmhorn et Torrenthorn), fascicule 3, par Maurice Lugeon. (Présenté par M. P. Termier.)

4° *La matière et la vie*, par H. Guilleminot. (Présenté par M. J. Violle.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des développements ultrasphériques.* Note de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Paul Appell.

L'unicité des développements ultrasphériques convergents est établie (1). On élargit le problème en considérant les séries

$$a_0 + a_1 P_1^{(\lambda)}(x) + a_2 P_2^{(\lambda)}(x) + \ldots + a_n P_n^{(\lambda)}(x) + \ldots \tag{1}$$

données par les coefficients a_n, qui divergent, mais sont sommables, $(C, \delta \leqq \lambda)$, ce qui entraîne $a_n = o(n^{1+\delta-\lambda})$. La restriction $\delta \leqq \lambda$ est essentielle, parce qu'il existe des séries (1) sommables $(C, \delta > \lambda)$ pour $|x| < 1$ avec la somme zéro, par exemple : $\Sigma(n+\lambda)P_n^{(\lambda)}(x)$. Dans cette Note, nous étudions ce problème pour $\delta \leqq 1$, $\lambda > 0$, en laissant le cas $1 < \delta \leqq \lambda > 1$ de

(1) E. Kogbetliantz, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 769.

côté. Envisageons les séries auxiliaires :

$$(2)\qquad F(x) = F(\cos\theta) = a_0\int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi}\left(\frac{\sin\psi}{\sin\varphi}\right)^{2\lambda} d\psi\, d\varphi - \sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_n P_n^{(\lambda)}(\cos\theta)}{n(n+2\lambda)},$$

$$(3)\qquad \Phi(x) = \Phi(\cos\theta) = a_0\int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\psi}\int_{\frac{\pi}{2}}^{t}\left(\frac{\sin u \sin\psi}{\sin t \sin\varphi}\right)^{2\lambda} du\, dt\, d\psi\, d\varphi + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_n P_n^{(\lambda)}(\cos\theta)}{n^2(n+2\lambda)^2}.$$

On démontre d'abord les deux lemmes suivants :

Lemme I. — *Soit la fonction* $\Psi(\theta)$, *continue ainsi que* $\frac{d^2\Psi}{d\theta^2}$ *dans l'intervalle* (α, β), *où* $\pi > \beta > \alpha > 0$; *si l'on a, pour* $\alpha \leqq \theta \leqq \beta$,

$$\lim_{\delta=0} \mathfrak{L}_\delta^{(\lambda)}[\Psi(\theta)] = \lim_{\delta=0}\left\{\frac{\Delta^4\Psi}{\delta^4} + 4\lambda\cot\theta\frac{\Delta^3\Psi}{\delta^3}\right\} - \frac{4\lambda(1-\lambda\cos^2\theta)}{\sin^2\theta}\frac{d^2\Psi}{d\theta^2} - \frac{4\lambda(1-\lambda)\cot\theta}{\sin^2\theta}\frac{d\Psi}{d\theta} = 0,$$

alors, dans (α, β), $\Psi(\theta)$ *est de la forme*

$$\Psi(\theta) = A\int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\psi}\frac{(\sin\psi)^{2\lambda}\, dt\, d\psi\, d\varphi}{(\sin t \sin\varphi)^{2\lambda}} + B\int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi}\left(\frac{\sin\psi}{\sin\varphi}\right)^{2\lambda} d\psi\, d\varphi + C\int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta}\frac{d\varphi}{(\sin\varphi)^{2\lambda}} + D,$$

où A, B, C *et* D *sont constantes.*

Lemme II. — *Si la série* (1) *est sommable* (C, 1) *en un point*

$$x_0 = \cos\theta_0 \qquad (0 < \theta_0 < \pi)$$

et a pour somme $f(\cos\theta_0)$, *alors*

$$\lim_{\delta=0} \mathfrak{L}_\delta^{(\lambda)}[\Phi(\cos\theta_0)] = f(\cos\theta_0).$$

L'hypothèse de sommabilité $(C, \delta < 1)$ de la série (1), avec la somme $f(\cos\theta)$ pour $0 < \theta < \pi$, entraîne la continuité de $\frac{d^2\Phi}{d\theta^2}$, dans $(0, \pi)$, et

conduit à la formule

$$(4)\quad \frac{d^2\Phi}{d\theta^2}+2\lambda\cot\theta\frac{d\Phi}{d\theta} = F(\cos\theta)=\int_{\frac{\pi}{2}}^{0}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi}\left(\frac{\sin\psi}{\sin\varphi}\right)^{2\lambda}f(\cos\psi)\,d\psi\,d\varphi+A\int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta}\frac{d\varphi}{(\sin\varphi)^{2\lambda}}+B,$$

où A et B sont constantes.

La formule (4) subsiste aussi dans l'hypothèse de sommabilité (C, 1) de la série (1), si l'on suppose de plus la convergence uniforme de la série $(\sin\theta)^\lambda.F(\cos\theta)$ dans $(0, \pi)$. En s'appuyant sur (4) et en désignant par b_n le coefficient ultrasphérique de Fourier de $f(x)$, on démontre que l'on a

$$(5)\quad a_n=b_n+(n+\lambda)\left\{a_0\frac{1+(-1)^n}{2\lambda}-A\frac{1-(-1)^n}{K_\lambda} -\frac{1}{K_\lambda}\int_0^1\frac{f(u)+(-1)^n f(-u)}{(1-u^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}}du\right\},$$

où $K_\lambda\Gamma(\lambda)=\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)$. Vu que $\lim\limits_{n=\infty}\frac{b_n}{n}=0$, si $(1-x^2)^{\lambda-\frac{1}{2}}.|f(x)|$ est intégrable dans $(-1, +1)$, on a les théorèmes :

I. *Si la série* (1) *est sommable* $\left(C, \delta_{\leqq 1}^{\leqq\lambda}\right)$ *avec la somme zéro partout dans* $(-1, +1)$, *à l'exception possible des points frontières* $x=\pm 1$, *tous ses coefficients sont identiquement nuls.*

II. *Si la série* (1) *est sommable* $\left(C, \delta_{\leqq 1}^{\leqq\lambda}\right)$ *avec la somme* $f(x)$ *partout dans* $(-1, +1)$, *à l'exception possible des points frontières* $x=\pm 1$, *le produit* $(1-x^2)^{\lambda-\frac{1}{2}}f(x)$ *étant absolument intégrable dans* $(-1, +1)$ *et la fonction*, $f(x)$ *étant bornée à l'intérieur de cet intervalle* $(-1, +1)$, *elle est la série ultrasphérique de Fourier de sa somme.*

Si $\lambda\geqq 1$ et si la série (1) est sommable (C, 1), les deux théorèmes subsistent, pourvu que la série $(\sin\theta)^\lambda.F(\cos\theta)$ converge uniformément dans $(0, \pi)$.

Supposons que dans un ensemble réductible de points intérieurs, la série (1) n'est pas sommable $\left(C, \delta_{\leqq 1}^{\leqq\lambda}\right)$ ou, tout en l'étant, n'a pas pour somme zéro (I) ou $f(x)$ (II); si l'on a $a_n=o(n^{1-\lambda})$, les théorèmes I et II subsistent, même pour $\delta=1$.

Si $\lambda < 1$, (5) fournit aussi la solution de la question suivante : « Déterminer les coefficients a_n de (1), sachant que pour $\delta > \lambda$, (1) est sommable (C, $\delta < 1$) et a pour somme zéro partout à l'intérieur de l'intervalle $(-1, +1)$. »

Vu que les solutions $a_n = [C_1 + (-1)^n . C_2] . \varphi(n)$ ne sont que la conséquence triviale de la solution $a_n = \varphi(n)$, on a le résultat : la série bien connue $\Sigma(n+\lambda) . P_n^{(\lambda)}(x)$ est la seule qui répond à la question, c'est-à-dire $a_n = n + \lambda$. Par exemple, on n'a qu'une seule série de Legendre, qui représente zéro, étant sommable $\left(C, \delta > \frac{1}{2}\right)$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la classification des ensembles fermés situés sur une surface.* Note de M. **L.-E.-J. Brouwer**, présentée par M. Paul Appell.

1. Soit ω une surface arbitraire d'ordre de connexion fini. Nous appellerons *cycle de* ω chaque courbe simple fermée située sur ω et ne pouvant être réduite à un point par déformation continue sur ω et, d'autre part, *région élémentaire de* ω chaque région située sur ω et ne contenant pas de cycle de ω.

Soit α un continu fermé situé sur ω et tel que toutes ses régions complémentaires soient non élémentaires. Déterminons une suite α', α'', ... de régions polygonales (c'est-à-dire dont les bords sont des polygones) convergeant vers α et telle que, pour chaque ν, l'ensemble complémentaire de $\alpha^{(\nu)}$ se compose de régions non élémentaires, tandis que $\alpha^{(\nu+1)}$ est contenu dans $\alpha^{(\nu)}$, les bords de $\alpha^{(\nu)}$ et de $\alpha^{(\nu+1)}$ ne se rencontrant pas. On démontre sous ces conditions qu'il existe un nombre entier positif g tel que, pour chaque entier positif μ, $\alpha^{(g+\mu)}$ est homéomorphe à $\alpha^{(g)}$, $\alpha^{(g+\mu+1)}$ s'obtenant en supprimant le long de chaque bord de $\alpha^{(g+\mu)}$ une région annulaire. Alors α et $\alpha^{(g)}$ *sont du même ordre de base réduite de cyclose* (1).

Nous dirons que le continu α est un *extrait cyclomatique* de la région polygonale $\alpha^{(g)}$.

2. Soit α un continu fermé *quelconque* situé sur ω. Considérons l'ensemble α_1 obtenu en joignant à α toutes les régions élémentaires appartenant à son ensemble complémentaire. Soit $\alpha_1^{(g)}$ une région polygonale, dont α_1 est un

(1) Voir, pour l'explication de cette expression, ma Note *Sur l'invariance de la courbe fermée* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 862).

extrait cyclomatique. Alors étant données deux grandeurs positives ε et ε_1 aussi petites que l'on veut, il existe une grandeur ε_2 s'évanouissant avec ε et telle que chaque chaîne — ε de $\alpha_1^{(g)}$ peut être transformée, moyennant un nombre fini de modifications — ε_2 sur ω, en une chaîne — ε_1 de α (voir, pour la définition de ces notions, ma Note citée).

Nous dirons encore que α est un *extrait cyclomatique* de $\alpha_1^{(g)}$. En particulier, un extrait cyclomatique d'une région homéomorphe au carré sera désigné comme *continu élémentaire*, un extrait cyclomatique d'une région homéomorphe au cylindre sera désigné comme *continu cylindrique*.

3. Soit encore un ensemble fermé α situé sur ω et tel que toutes ses régions complémentaires soient non élémentaires. Déterminons une suite α', α'', ... d'ensembles *finis* de régions polygonales convergeant vers α et telle que, pour chaque ν, l'ensemble complémentaire de $\alpha^{(\nu)}$ se compose de régions non élémentaires, tandis que $\alpha^{(\nu+1)}$ est contenu dans $\alpha^{(\nu)}$, les bords de $\alpha^{(\nu)}$ et de $\alpha^{(\nu+1)}$ n'ayant pas de point commun. Désignons par $\beta^{(\nu)}$ l'ensemble des régions appartenant à $\alpha^{(\nu)}$ et n'étant ni élémentaires ni cylindriques, on démontre qu'il existe deux nombres entiers positifs g et h tels que chaque $\beta^{(g+\mu)}$ se compose de h régions $\beta_1^{(g+\mu)}, \ldots, \beta_h^{(g+\mu)}$ et que, pour chaque μ et chaque s, $\beta_s^{(g+\mu)}$ est homéomorphe à $\beta_s^{(g)}$, $\beta_s^{(g+\mu+1)}$ s'obtenant en supprimant le long de chaque bord de $\beta_s^{(g+\mu)}$ une région annulaire. Il s'ensuit que le morceau de α formant l'ensemble limite de $\beta_s^{(g)}$, $\beta_s^{(g+1)}$, ... est un extrait cyclomatique de $\beta_s^{(g)}$.

4. Soit enfin α un ensemble fermé *quelconque* situé sur ω. Des considérations précédentes découle l'existence d'un ensemble *fini* ψ de régions polygonales de ω tel que α se compose : 1° d'un extrait cyclomatique de chaque région appartenant à ψ; 2° d'un ensemble de continus élémentaires et de continus cylindriques.

Pour plus de détails, je renvoie à la Communication que j'ai faite à l'Académie royale d'Amsterdam dans sa séance du 25 octobre 1919.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Étude de l'influence de divers facteurs sur la création des efforts internes longitudinaux lors du refroidissement rapide de cylindres d'acier.* Note [1] de M. **Portevin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La détermination des efforts internes longitudinaux a été effectuée, comme dans nos expériences antérieures [2], en mesurant au comparateur les variations de longueur accompagnant l'enlèvement à l'outil, par tournage, de couches de métal concentriques au cylindre [3]. Cette nécessité d'usiner facilement les pièces limitait les températures initiales de refroidissement rapide au point de transformation inférieur de l'acier (vers 700°), afin d'éviter le durcissement dû à la trempe proprement dite de l'acier.

Pour un acier donné, les efforts internes prenant naissance lors du refroidissement rapide sont la conséquence de l'anisothermie de la masse, c'est-à-dire des inégalités instantanées de température au cours de cette opération. Ces écarts de température entre les divers points d'un cylindre métallique refroidi par immersion dans un liquide varient, notamment, avec la température d'immersion, les conditions extérieures du refroidissement et le diamètre du cylindre. Les conditions extérieures du refroidissement sont, en particulier, sous la dépendance de la nature du liquide refroidissant, de sa température, de la durée d'immersion (voir travaux de MM. Henry Le Chatelier, Lejeune, Benedicks).

Nous examinerons qualitativement les résultats d'ensemble obtenus en faisant varier séparément ces différents facteurs : les résultats numériques, trop nombreux, seront rassemblés dans un Mémoire détaillé.

1° *Température d'immersion.* — Les efforts internes augmentent très rapidement avec la température d'immersion, quand cette dernière croît depuis 200° jusqu'à 600°; ils restent pratiquement nuls pour les tempéra-

---

(1) Séance du 17 novembre 1919.

(2) Portevin, *Efforts internes développés dans les métaux et alliages par l'effet d'un refroidissement rapide* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 531).

(3) Le calcul des efforts internes a été effectué en utilisant la formule de Heyn et Bauer : si l et l_n sont les longueurs initiales et, après l'enlèvement de la $n^{\text{ième}}$ couche, S''_n l'aire de la section droite restant après l'enlèvement de la $n^{\text{ième}}$ couche, E le module élastique du métal, l'effort f_n qui existait initialement dans la couche de rang n a pour valeur

$$f_n = \frac{E}{l}\,\frac{S''_n(l_n - l) - S''_{n-1}(l_{n-1} - l)}{S''_{n-1} - S''_n}.$$

tures inférieures à 200°. Le diagramme (*fig.* 1) donne, pour un cylindre en acier, les courbes des efforts internes en fonction du carré de la distance à l'axe.

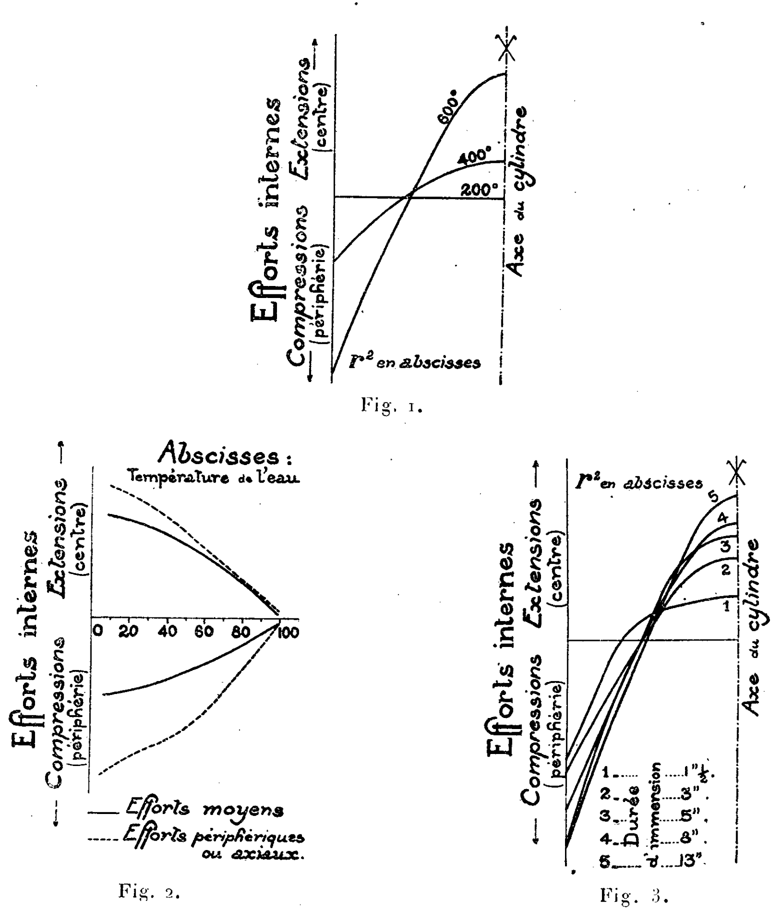


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Les expériences n'ont pas été poursuivies aux températures plus élevées pour le motif indiqué plus haut; mais, en raison de la viscosité de l'acier aux hautes températures, il n'y aurait pas augmentation notable des efforts internes; par contre, les déformations de trempe croîtraient; ceci nous a été montré par ailleurs lors d'autres études faites sur la trempe des corps creux (obus).

2° *Nature du liquide de trempe.* — La comparaison des efforts internes résultant de l'immersion dans l'eau et dans l'huile à la température de 650° montre qu'ils sont, dans ce dernier cas, de 2 à 4 fois plus faibles suivant

l'acier et suivant que l'on considère les efforts périphériques de compression ou centraux d'extension.

3° *Température de l'eau.* — Les efforts internes décroissent avec la température de l'eau au point de devenir sensiblement nuls pour la température de 100°. Le graphique de la figure 2 montre cette variation pour l'acier dur. En portant de 12° à 25° la température de l'eau, on constate une réduction des efforts internes faible, quoique sensible, mais les efforts internes perdent alors beaucoup de leur régularité, c'est-à-dire cessent d'être sensiblement de révolution autour de l'axe du cylindre.

4° *Durée d'immersion.* — Avec des durées d'immersion d'environ 1,5, 3, 5, 8, 13 secondes, on constate un accroissement net des efforts internes pour des cylindres immergés à 650° dans l'eau; ceci est encore manifeste entre 8 et 13 secondes, bien qu'on puisse estimer, par extrapolation d'expériences antérieures, qu'à partir de 5″, que la température axiale est tombée au-dessous de 300°. Le diagramme (*fig.* 3) donne les efforts internes en fonction du carré de la distance à l'axe pour des cylindres d'acier demi-dur.

5° *Diamètre des cylindres.* — Les expériences exécutées sur des cylindres en acier demi-dur, de 20^{mm}, 35^{mm}, 50^{mm} et 60^{mm} de diamètre, ont fourni des résultats présentant des anomalies dues vraisemblablement à des erreurs expérimentales. Cependant ils mettent en évidence une décroissance des efforts internes avec le diamètre, décroissance à la vérité relativement peu rapide.

La connaissance de ces résultats était nécessaire pour l'exposé complet de la trempe des aciers; elle permet de relier, par une série de considérations précises, logiques et accessibles à la mesure, l'ensemble des règles et précautions, qui président aujourd'hui à l'exécution de tout traitement thermique industriel correct.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Le pouvoir ozonogénique de la radiation solaire à l'altitude de l'Observatoire du Mont Blanc.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. H. Deslandres.

La part qui revient à la radiation solaire dans la production de l'ozone atmosphérique n'a été, jusqu'à présent, soumise à l'analyse expérimentale dans aucune station de très haute altitude. En 1918, grâce à la subvention que m'avait accordée la Commission du Fonds Bonaparte, je pus faire les

frais d'un appareil photo-ozonométrique et d'un séjour prolongé au Refuge Félix Faure (2500^m) dans le massif de la Vanoise. Six jours d'exposition de cet appareil au Soleil sur la terrasse du Refuge, et un jour à 3150^m sur un rocher voisin de la Grande Casse, me donnèrent un résultat négatif. En 1919, la guerre étant finie, M. J. Vallot désira voir renaître l'activité scientifique de son Observatoire du Mont Blanc qu'il mit à ma disposition pour reprendre mes recherches à une altitude supérieure. Il organisa lui-même mon expédition que les circonstances rendaient difficile. J'ai pu alors étudier le pouvoir ozonogénique des rayons solaires qui pénètrent l'atmosphère terrestre jusqu'à l'altitude de 4360^m qui est celle de l'Observatoire.

M. Daniel Berthelot a montré, en 1910, que les rayons émis par la lampe de quartz à vapeur de mercure polymérisent l'oxygène en donnant un peu d'ozone. D'autre part, Cornu ayant obtenu l'ultraviolet jusqu'à $\lambda 2942$ dans la plaine, et Simony jusqu'à $\lambda 2922$ à Ténériffe (3700^m), le spectre pouvait s'étendre jusqu'à $\lambda 2850$ à l'altitude de l'Observatoire du Mont Blanc. Les très récentes expériences de Fowler et Strutt (*Proceed. Roy. Soc.*, 1917) ont montré que, derrière un écran d'ozone de 1^{cm} d'épaisseur dilué à 1 pour 100, l'ultraviolet s'étend jusqu'à $\lambda 2700$, et, pour un écran de 175^{cm}, jusqu'à $\lambda 3150$ seulement. Il était rationnel de rechercher si l'ozone serait produit par le spectre compris entre ces deux limites. L'état de l'atmosphère, à l'Observatoire du Mont Blanc, est favorable à l'ozonisation puisque, d'après M. Vallot, la tension de la vapeur d'eau n'y atteint pas 1^{mm}, et que la température y est toujours très basse.

Ayant donc fait l'ascension du Mont Blanc en août 1919, j'installai sur la terrasse de l'Observatoire, mon appareil photo-ozonométrique. Son organe essentiel était *un gros tube de quartz transparent jaugeant un litre*. Une de ses extrémités communiquait avec une source d'oxygène, et l'autre avec deux tubes en U accouplés : le premier, maintenu dans l'obscurité d'une boîte à double paroi, contenait un liquide sensible à l'ozone; le deuxième, fixé à l'extérieur de cette boîte, contenait de l'eau glycérinée incongelable. Dans la boîte, un troisième tube, rempli de liquide ozonométrique, servait de témoin. Je me suis servi d'oxygène pur, contenu sous pression dans le récipient de l'*Oxygénateur de précision* de Raoul Bayeux et Jules Richard [1]. L'oxygène, débité par cet appareil, traversait le tube de quartz où la radiation solaire le pénétrait; il allait ensuite barboter dans le tube ozonomé-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 999, et t. 157, 1913, p. 792.

trique pour passer enfin dans le tube d'eau glycérinée où ses bulles permettaient de vérifier la régularité de l'expérience sans ouvrir la boîte, ce qui eût exposé le réactif à l'action des rayons solaires et faussé les résultats. La vitesse d'écoulement de l'oxygène était de 40^{cm^3} par minute; je l'avais déterminée d'avance dans des recherches faites à l'Institut Pasteur et à la Station biologique de Roscoff en 1917. Elle était assez lente pour ne pas projeter les liquides hors des tubes en U, et assez rapide pour renouveler le contenu du tube de quartz en 25 minutes, ce qui suffisait pour que l'ozone ne pût introduire aucune opacité notable dans la masse de l'oxygène.

Pour déceler l'ozone et le doser, j'avais choisi un mélange à parties égales de KI à 20 pour 100 et d'acide acétique à 2 pour 100. Ce mélange, que j'ai étudié en 1918, dans un laboratoire de l'Institut océanographique, au Musée de Monaco, est *cinq fois plus sensible à l'ozone* que la solution d'arsénite de KOH employée à Montsouris.

Ainsi préparée de longue main, mon expérience, mise en marche à l'Observatoire du Mont Blanc, y a duré 3 jours, pendant lesquels j'ai disposé de 17 heures de soleil pur, choisies entre 8^h et 16^h pour n'utiliser que les heures d'insolation maxima. Or, mon appareil ayant fonctionné impeccablement, le réactif ozonométrique est demeuré incolore jusqu'à la fin, et, cependant, ces 17 heures d'insolation intensive avec un réactif de sensibilité quintuplée, équivalaient à 85 heures de dosage par le réactif le plus usuel, c'est-à-dire à 10 jours d'exposition.

Cette expérience me paraît autoriser les conclusions suivantes :

1° A 4360^m d'altitude, la radiation solaire ne polymérise pas l'oxygène en ozone;

2° L'ozone que l'on trouve dans les couches moyennes et basses de l'atmosphère n'y est pas formé par une action directe et locale du Soleil. On ne doit donc pas attribuer à un tel processus chimique, comme on l'a prétendu, les effets thérapeutiques de la cure solaire.

OPTIQUE. — *Le calcul des biréfringences*. Note de M. E. Henriot, présentée par M. J. Violle.

Dans un diélectrique polarisé par le passage d'une onde lumineuse, une molécule se trouve soumise à deux champs, le premier $\overrightarrow{h}$ qui existerait seul si les molécules voisines n'agissaient pas sur elle, le deuxième $\overrightarrow{h^p}$ dû à la polarisation de ces molécules voisines.

Si p_x, p_y, p_z sont les composantes de la polarisation suivant trois axes, et si ces derniers sont trois axes principaux du diélectrique, il existe entre $\overrightarrow{h^p}$ et $\overrightarrow{p}$ une relation tensorielle qui se réduit dans le cas actuel à

$$h_x^p = \eta_{xx} p_x$$

et deux équations analogues, η_{xx}, η_{yy}, η_{zz} étant des constantes.

Introduisons également les constantes γ définies par

$$\eta_{xx} = \frac{4}{3}\pi(1 + \gamma_{xx}), \qquad \ldots.$$

On peut démontrer que, quelle que soit la grandeur des coefficients η, ils sont reliés par la relation

$$\eta_{xx} + \eta_{yy} + \eta_{zz} = 4\pi$$

ou

$$\gamma_{xx} + \gamma_{yy} + \gamma_{zz} = 0.$$

Considérons le cas des substances uniaxes et posons

$$\gamma_{zz} = \gamma_e, \qquad \gamma_{xx} = \gamma_{yy} = \gamma_0.$$

La biréfringence, normale ou accidentelle, d'une substance peut se calculer au moyen de la formule

$$(1) \qquad \gamma_0 + \frac{1}{4\pi}\left(\frac{1}{a_e} - \frac{1}{a_0}\right) = \frac{1}{n_e^2 - 1} - \frac{1}{n_0^2 - 1},$$

n_0, n_e sont les indices ordinaire et extraordinaire; a_0 et a_e sont donnés par les relations

$$(2) \qquad a_0 = \frac{Ne^2}{f_0} = \frac{Ne^2}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}, \qquad \ldots,$$

où N est le nombre de molécules par unité de volume, e, m, ω_0 et ω sont respectivement la charge, la masse, la pulsation propre et la pulsation effective de l'électron vibrant, f_0 son coefficient quasi élastique.

J'ai cherché à préciser la grandeur relative des deux termes du premier membre de (1).

Cas de la biréfringence de la fluorine comprimée. — Par compression, la fluorine devient quadratique et le terme γ_0 peut être complètement calculé. J'ai fait ce calcul au moyen d'une méthode dont j'ai indiqué récemment le principe au *Bulletin de l'Académie de Belgique*.

Je trouve

$$\gamma_0 = -1,51 \frac{(1+\sigma)}{E} p.$$

E, module d'élasticité, σ, coefficient de Poisson, sont connus par des expériences de Voigt et sont respectivement égaux à 14730 pour une pression de 1kg par millimètre carré, et 0,204.

La biréfringence étant faible, l'équation (1) peut s'écrire

$$(1') \qquad \gamma_0 + \frac{1}{4\pi}\left(\frac{1}{a_c} - \frac{1}{a_0}\right) = \frac{2n(n_0 - n_c)}{(n^2-1)^2}.$$

Si γ_0 existait seul dans le premier membre, on pourrait calculer la valeur de la biréfringence, en adoptant pour n la valeur 1,434.

La biréfringence ainsi calculée serait, pour une pression de 100kg par centimètre carré,

$$n_c - n_0 = 48.10^{-6}.$$

J'ai mesuré cette biréfringence sur un échantillon de fluorine et j'ai trouvé

$$n_e - n_0 = 5,5.10^{-6} \quad \text{(cristal positif)}.$$

Le rapport du deuxième terme au premier est $-0,88$.

Cas de la biréfringence du verre comprimé. — En considérant les molécules d'une substance primitivement isotrope comme disposées aux nœuds d'une infinité de réseaux cubiques ayant un nœud commun sur la molécule considérée, on peut calculer γ_0 dans le cas du verre comme dans le cas précédent. Le module élastique et l'indice sont variables avec l'échantillon mais permettent de calculer un ordre de grandeur. On aurait pour tous les verres des nombres s'écartant assez peu de

$$n_c - n_0 = 140.10^{-6}$$

pour une pression de 100kg si γ_0 existait seul. Au lieu de cela, on trouve, pour les verres ordinaires,

$$n_c - n_0 = -30.10^{-6}.$$

Le rapport du deuxième terme au premier est $-1,2$. Il peut devenir un peu inférieur en valeur absolue à -1 ou juste égal dans certains verres très riches en plomb.

3. *Cas du quartz.* — Le calcul de γ_0, sur le réseau dont la texture est

fournie par la diffraction des rayons X, m'a conduit à la valeur $\gamma_0 = +0,3$.

Au lieu de cette valeur, le deuxième membre de (1') est, dans le cas du quartz, constant pour toutes les longueurs d'onde, de l'infra-rouge à l'ultraviolet, et égal à $-0,0145$.

Le rapport entre les deux termes est presque égal à -1.

Dans tous les cas précédents, il semble que la biréfringence provienne de la différence petite de deux termes relativement grands et dont le rapport doit s'écarter peu de -1.

Cela peut s'expliquer de la manière suivante. Supposons les molécules polarisées même en l'absence de tout champ extérieur. Dans ces conditions, désignons par l'indice S les grandeurs relatives à la polarisation spontanée. Nous aurons

$$h_z^{p_s} = \eta_e p_z^s = \frac{4}{3}\pi(1+\gamma_e)\,p_z^s,$$

d'où

$$\frac{1}{a_e^s} = \frac{4}{3}\pi(1+\gamma_e),$$

$$\frac{1}{a_0^s} = \frac{4}{3}\pi(1+\gamma_0).$$

Ces deux équations retranchées l'une de l'autre, en tenant compte de la relation entre les γ, donnent

$$\frac{1}{4\pi}\left(\frac{1}{a_e^s} - \frac{1}{a_0^s}\right) + \gamma_0 = 0.$$

Si les coefficients quasi élastiques de l'électron étaient les mêmes pour la polarisation spontanée et la polarisation provoquée par les ondes, la biréfringence serait nulle. Ils sont seulement voisins l'un de l'autre. Le deuxième membre de (1') qui donne la biréfringence est donc petit, comme étant égal à la différence de deux termes peu différents l'un de l'autre.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de rayons X du tungstène.* Note de M. M. de Broglie, présentée par M. Bouty.

Divers auteurs, notamment Siegbahn et Overn, ont publié des résultats expérimentaux détaillés sur le spectre du tungstène, un des plus complètement connus aujourd'hui, parce que ce métal constitue l'anticathode des tubes Coolidge, et des tubes à afflux cathodique les plus employés; je voudrais ajouter quelques observations qui ressortent de l'étude d'un assez grand nombre de clichés spectraux.

1. Les raies K du platine et du tungstène s'obtiennent aussi bien avec les tubes ordinaires qu'avec ceux à cathode incandescente.

L'inspection du fond continu du spectre du tungstène appelle quelques remarques.

Une bande foncée d'émission, comme celle du brome et de l'argent de l'émulsion, se termine sensiblement sur la raie β du groupe K, je l'ai déjà signalée autrefois; on pourrait l'attribuer soit à une émission caractéristique du tungstène, soit à une bande d'absorption J d'un élément de l'émulsion (argent probablement). On retrouve nettement le second ordre de cette bande à hauteur du second ordre du groupe K.

Plusieurs clichés montrent aussi une autre bande foncée d'émission, dont la limite se place vers $\lambda = 0,620.10^{-8}$cm, voisine par conséquent du groupe K du molybdène qui se présente presque toujours dans le spectre des tubes Coolidge.

Overn signale une ligne apparaissant en clair sur fond noir pour $\lambda = 0,7928.10^{-8}$ cm. Je n'ai pas trouvé cette raie.

En fait de lignes, je trouve en général toutes celles indiquées par Overn et en plus deux lignes faibles entre $\lambda = 1,080$ et $\lambda = 1,095$ (γ_1).

Entre β_5 et β_3 Overn trouve trois lignes, j'en aperçois au moins quatre et probablement davantage, $\lambda = 1,213$, $1,221$, $1,235$ et $1,254.10^{-8}$ cm.

Au delà de β_4 je trouve une ligne faible $\lambda = 1,389$ puis la ligne η signalée par Dershem et Siegbahn; mais non par Overn, dont le spectre est pourtant très fouillé. Il est naturellement possible que certaines de ces raies proviennent d'impuretés.

Les mesures d'Overn l'ont conduit à classer les raies du tungstène en deux groupes dont l'un a les mêmes longueurs d'onde que l'autre multipliées par un facteur constant.

L'examen des mesures de Siegbahn correspondant aux mêmes raies pour d'autres corps que le tungstène ne semble pas indiquer qu'il y ait là une loi générale; pour ne prendre que des raies fortes, les rapports $\frac{\gamma_1}{\beta_1}$ et $\frac{\beta_3}{\alpha_1}$, égaux pour le tungstène dans le Tableau d'Overn, ne coïncident que pour ce corps et s'écartent systématiquement pour les autres, ainsi du reste que le font voir les droites de Moseley relatives à ces raies.

2. Les positions des bandes d'absorption fournissent également des indications intéressantes, même dans l'état actuel de précision des mesures qui ne représente qu'une première approximation. La théorie de Sommerfeld prévoit un intervalle fondamental de fréquence $\Delta\nu$, dont elle fournit la varia-

tion en fonction du nombre atomique N; cet intervalle doit se retrouver entre les fréquences des bandes L_1 et L_2. On trouve ainsi :

N.	Éléments.	Auteurs.	λ de L_1.	λ de L_2.	Δν observé.	Δν théorique.
74	Tu	de Broglie	1,217	1,083.10^{-8} cm	1017	1050
		Duane	1,230	1,080	1129	
78	Pt	de Broglie	1,069	0,930	1395	1336
		Wagner	1,072	0,934	1382	
79	Au	de Broglie	1,038	0,898	1506	1417
		Wagner	1,042	0,914	1344	
81	Tl	de Broglie	0,974	0,840	1630	1591
82	Pb	de Broglie	0,945	0,811	1750	1684
		Duane	0,949	0,813	1760	
83	Bi	de Broglie	0,921	0,786	1860	1781
88	Ra	de Broglie	0,802	0,670	2450	2342
90	Th	de Broglie	0,757	0,624	2820	2604
92	U	de Broglie	0,718	0,588	3080	2888

La divergence tend à s'accuser vers les poids atomiques très élevés, il est probable qu'alors l'influence du troisième terme de la formule de Sommerfeld n'est pas négligeable.

3. Les résultats connus permettent également de comparer les fréquences des bandes d'absorption à celles des raies qui font partie du même groupe; les fréquences des raies devraient toujours être inférieures à celle de la bande; les mesures relatives au tungstène paraissent infirmer cette conclusion.

Si l'on porte sur un graphique, comme l'a fait M. Dauvillier, les racines carrées des fréquences des raies et des discontinuités en fonction des nombres atomiques, on observe que les points représentatifs de L_1 et de β_5 se placent très exactement sur des droites qui se coupent pour $N = 82$ environ, la fréquence de β_5 étant plus grande que celle de L_1 pour les éléments de nombres atomiques inférieurs. Les points relatifs à L_2 et γ_2 se placent sur des courbes (le fait que les bandes L_2 donnent une courbe moins rectiligne que les bandes L_1 est bien conforme aux prévisions théoriques) tournant leur concavité vers l'axe des $\sqrt{\nu}$ et qui se coupent vers $N = 79$. La fréquence de γ_2 étant ici encore plus grande que celle de la discontinuité L_2 pour les éléments voisins du tungstène. Enfin γ_4 et L_3 donnent des courbes analogues qui se rejoignent vers $N = 74$, la fréquence de L_3 surpassant de plus en plus celle de γ_4, à mesure que le nombre atomique augmente.

Les raies β_5 et γ_2 ne paraissent donc pas pouvoir appartenir aux séries L_1 et L_2.

4. Je voudrais signaler, à propos de l'obtention des bandes faibles, un procédé expérimental que j'emploie depuis longtemps pour avoir des clichés purs : un volet de métal, percé d'une fente, se déplace devant la plaque sensible avec une vitesse telle que, pendant la rotation du cristal, le rayon réfléchi passe constamment par la fente. *On évite ainsi une grande partie du voile diffus et l'on élimine les rayons qui ne proviendraient pas d'une réflexion sur la face considérée du cristal.*

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la distance réticulaire de la calcite et son influence sur la détermination de h.* Note de MM. **Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier**, présentée par M. P. Villard.

Dans une précédente Note [1] nous avons recalculé les constantes réticulaires du sel gemme et de la calcite en partant d'une formule [2] donnée par MM. Bragg dans *X rays and Crystal structure* (p. 110, édition 1915) et avions signalé cette expression comme étant incompatible avec l'équation (3) donnée par Compton. Un nouvel examen de la question nous a montré que c'est cette seconde formule qui est la seule exacte, ce qui nous oblige à rectifier les chiffres que nous avons publiés. L'équation de MM. Bragg serait cependant vraie dans le système de poids atomiques basé sur $H = 1$, mais, comme les chiffres donnés le prouvent, les poids atomiques sont pris en adoptant pour base $O = 16$. Dans ces conditions, la masse m de l'atome d'hydrogène ne se confond plus avec l'inverse du nombre d'Avogadro N, mais dépasse cette quantité d'environ 1 pour 100.

Le nombre N obtenu par Millikan étant basé sur la détermination de la charge e de l'électron et ayant été récemment rectifié par Birge [3], il convient également de tenir compte de cette correction. Si l'on désigne par A le poids atomique de l'argent ($A = 107,88$), par E l'équivalent électrochimique de ce métal ($E = 0,00111827$), par c la vitesse de la

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 788.

(2) *Erratum :* Le facteur m a été omis dans la formule (2) et la lettre C de l'équation (3) doit être remplacée par ρ.

(3) *Phys. Rev.*, t. 14, octobre 1919, p. 361.

lumière ($c = 2,9986.10^{10}$), et par e la charge de l'électron

$$(e = 4,774 \pm 0,005.10^{-10} \text{U. E. S.}),$$

le nombre d'Avogadro s'exprime

$$N = \frac{Ac}{10Ee} = 6,0594 \pm 0,0063.10^{23},$$

en négligeant devant l'erreur existant sur e (0,2 pour 100) les erreurs que l'on peut commettre sur A, c et E.

La distance réticulaire d_p des faces p de la calcite devient, avec les notations précédemment employées,

$$d_p = \left(\frac{10MEe}{2\rho KAc}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Nous avons dit (*loc. cit.*) que la densité ρ pouvait varier d'un millième ($2,711 < \rho < 2,714$) et que le facteur K est connu avec une approximation équivalente ($1,09557 < K < 1,09695$) ($\beta = 101°55' \pm 2'$). En négligeant l'erreur relative à la masse moléculaire ($M = 100,075$) de la calcite, on obtient, avec les données numériques précédentes,

$$d_p = 3,02825 \pm 0,00225.10^{-8} \text{ cm}.$$

Ce chiffre diffère peu de celui publié par Uhler, mais ce n'est là qu'une coïncidence due à ce fait que les nombres d'Avogadro et les densités employées pour le calcul diffèrent respectivement de la même quantité absolue, mais dans des sens contraires. L'erreur possible est, d'autre part, notablement plus grande, Uhler ayant admis une densité constante ($\rho = 2,7116$).

Il nous semble illusoire de vouloir calculer d'une manière analogue la distance réticulaire d_p des faces p du sel gemme sur la base $\rho = 2,17$, car la densité de ce minéral peut varier de plusieurs centièmes ($2,14 < \rho < 2,22$). Les grandeurs réticulaires semblant être, d'après les résultats des mesures spectrographiques, des constantes absolues, indépendantes du degré de perfection et de pureté des cristaux [puisque ce sont seuls des édifices élémentaires parfaits qui entrent en jeu dans la réflexion (Darwin)], il semble plus sûr, pour déterminer cette distance, de partir des mesures spectrographiques de Siegbahn et de Uhler et Cooksey. On voit tout d'abord que la valeur actuellement admise

$$d_p = 2,814.10^{-8} \text{ cm}$$

est presque incompatible avec le résultat de Uhler et Cooksey, comparativement à la valeur que nous avons calculée pour la calcite. Si nous faisons la moyenne des deux

déterminations expérimentales, nous avons

$$d_p = \frac{3,02825 \times 2,814}{3,02987} = 2,8125 \pm 0,0028.10^{-8}\,\text{cm},$$

en ajoutant à l'erreur possible commise sur la constante d_p de la calcite l'erreur expérimentale provenant du désaccord existant entre les chiffres donnés par Siegbahn et Uhler et Cooksey.

Birge (*loc. cit.*) a discuté la valeur de la détermination de la constante de Planck h, effectuée par Blake et Duane ([1]), en utilisant le phénomène de l'émission des rayons X indépendants par quanta et en analysant le spectre continu au moyen d'un cristal de calcite. Cet auteur s'étant basé, dans cette discussion, sur les données de Uhler relativement à la distance réticulaire de ce minéral, son étude demande par conséquent à être revisée. Si l'on désigne par V le potentiel appliqué au tube et par θ l'angle de réflexion de la plus courte longueur d'onde émise, on a, en exprimant V et e en unités électrostatiques,

$$h = \frac{2Ved\sin\theta}{c} = \frac{2Ve\sin\theta}{c}\left(\frac{10\,\text{ME}e}{2\rho\,\text{KA}c}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{2\text{V}\sin\theta}{c}\left(\frac{10\,\text{ME}}{2\rho\,\text{KA}c}\right)^{\frac{1}{3}} e^{\frac{4}{3}}.$$

Birge donne la valeur obtenue par Blake et Duane en y ajoutant l'erreur probable

$$h = 6,555 \pm 0,009.10^{-27}\ \text{ergs : sec},$$

l'erreur expérimentale (sur $\text{V}\sin\theta$) étant prise comme la différence des moyennes (0,02 pour 100) de Blake et Duane. Or, si l'erreur commise sur θ est négligeable, il ne nous semble pas en être de même pour la tension V, qui n'était pas connue en *valeur absolue* avec une approximation supérieure au millième (*loc. cit.*, p. 627). En faisant abstraction de cette erreur, nous obtenons

$$h = 6,5564 \pm 0,0117.10^{-27},$$

et en tenant compte d'une erreur systématique de 0,1 pour 100 pouvant entacher V,

$$h = 6,5564 \pm 0,015.10^{-27}.$$

([1]) *Phys. Rev.*, t. 10, décembre 1917, p. 524.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés de l'anhydride nitreux pur ou en solution dans le peroxyde d'azote.* Note de MM. **Georges Baume** et **Marius Robert**, présentée par M. Georges Lemoine.

I. Helbig a montré que l'anhydride nitreux est déjà sensiblement dissocié en oxyde azotique et peroxyde d'azote aux températures voisines de son point de fusion, vers — 100°, d'après la réaction

$$2N^2O^3 = N^2O^4 + 2NO \quad (^1).$$

L'étude des diagrammes de fusibilité et de tension de vapeur du système $N^2O^3 — N^2O^4$ nous a permis de préciser un certain nombre de caractères de cette réaction. Cette étude a été effectuée dans l'appareil, entièrement

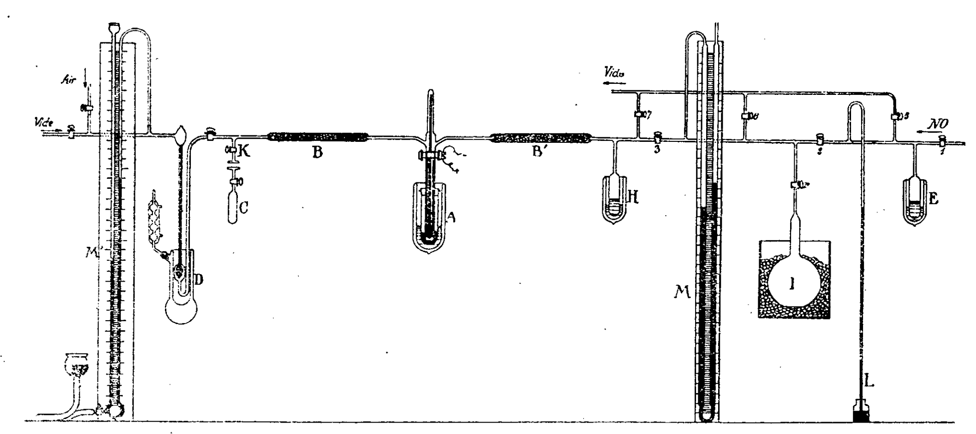


Fig. 1. — Appareil pour la détermination des points de fusion et des tensions de vapeur des mélanges de peroxyde d'azote et d'anhydride nitreux.

en verre soudé, représenté sur la figure ci-dessus et comprenant :

1° Un tube A, contenant un agitateur électromagnétique et un thermomètre à isopentane de Baudin vérifié, pour la détermination du diagramme de fusibilité $N^2O^3 — N^2O^4$.

2° Un manomètre à parois élastiques D, du type déjà décrit par nous([2]), pour la mesure des tensions de vapeur de ce système.

([1]) D. Helbig, *Zeitsch. für Elektroch.*, t. 16, 1910, p. 205. — Voir également, *sur les propriétés de* N^2O^3 : E. Briner, *J. Chim. phys.*, passim ; Jolibois et Sanfourche, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, passim.

([2]) G. Baume et M.-H. Robert, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1199.

3° Une ampoule à joints plats C, permettant d'introduire en A, par distillation, des poids connus de N^2O^4 pur.

4° Le dispositif employé par l'un de nous [1] pour condenser en A des poids connus de NO pur, déterminés volumétriquement.

L'appareil doit être rigoureusement sec et vide d'air : l'oxygène réagit sur NO; l'azote altère les mesures de tension de vapeur; une trace d'humidité ou de NO^3H augmente considérablement la dissociation de N^2O^3 en N^2O^4 et NO [2]. L'emploi de corps très purs, une canalisation de vide convenablement disposée et deux tubes à P^2O^5, B et B', nous ont permis d'éviter ces diverses causes d'erreur.

II. Le diagramme de fusibilité du système (N^2O^3 — N^2O^4) est normal, avec un seul eutectique, voisin du point de congélation du N^2O^3 pur. Nos résultats, groupés dans le Tableau suivant, confirment, en les complétant, les expériences de Wittorf [3] :

N^2O^3 pour 100 en poids.	Température de solidification commençante.	N^2O^3 pour 100 en poids.	Température de solidification commençante.	N^2O^3 pour 100 en poids.	Température de solidification commençante.
	°		°		°
0	−11,5	33,8	−27,1	59,7	− 50
10,9	−15,6	37,6	−31,0	73,4	− 75
18,9	−19,9	42,9	−34,0	80,1	− 92
20,2	−20,5	45,9	−37,5	86,3	−107
23,5	−22,0	51,9	−41,5	91,8	−107
30,4	−26,0	53,4	−43,0	97,0	−100

L'absorption de NO par N^2O^4, convenablement refroidi, est rapide et complète pour les faibles concentrations finales en N^2O^3. Cette absorption devient plus difficile quand cette concentration augmente; nous n'avons pu dépasser celle de 97 pour 100 en N^2O^3, pour laquelle, à la limite inférieure de l'état liquide, la tension de dissociation de N^2O^3 s'oppose à la combinaison de nouvelles quantités de NO (à moins de faire agir ce gaz sous pression).

III. Nous avons effectué nos mesures de tensions de vapeur entre — 80° et 35°, par immersion du tube A dans une série de bains thermostatiques de température croissante : la tension du mélange (N^2O^3 — N^2O^4 — NO)

(1) G. Baume, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1322.

(2) Par l'introduction d'une trace très faible d'humidité, la tension à 0° d'un mélange à 57 pour 100 de N^2O^3 a varié de 876^{mm} à 1195^{mm}.

(3) Wittorf, *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. 41, 1904, p. 85.

en équilibre à chacune de ces températures se fixe ainsi rapidement à une valeur déterminée. Nos mesures conduisent par interpolation ou extrapolation logarithmiques aux données numériques suivantes :

Température.	N^2O^4 pur.	Mélanges contenant (en poids) 20 pour 100 N^2O^3.	40 pour 100 N^2O^3.	60 pour 100 N^2O^3.	80 pour 100 N^2O^3.	N^2O^3 pur (extrapol.).
°	mm	mm	mm	mm	mm	mm
—24	70	110	170	268	460	865
—16	108	168	260	409	685	1250
— 8	172	262	398	623	1018	1785
— 0	266	400	600	925	1475	2480
+ 8	396	590	882	1331	2072	3360
+16	598	860	1270	1857	2825	4430
+20	684	1040	1520	2130	3260	5000

Le point d'ébullition de N^2O^3 pur, déduit de ces résultats, est de — 27° (¹), sous 760mm. Ce point est très différent de celui donné par beaucoup d'auteurs qui le fixent au voisinage de 0°, leurs expériences ayant porté en fait sur des mélanges de N^2O^3 et de N^2O^4.

IV. En résumé, l'anhydride nitreux *pur* ne paraît exister qu'aux très basses températures, à l'état solide, ou, à l'état liquide, sous pression de NO; aux températures supérieures à — 100°, N^2O^3 se dissocie, la phase liquide s'enrichissant en N^2O^4 et la phase gazeuse en NO. Une expérience directe nous a d'ailleurs permis de mettre en évidence la présence de gaz NO dans les vapeurs émises par un mélange de N^2O^4 et de N^2O^3 : en condensant totalement ces vapeurs dans l'ampoule H, au moyen d'air liquide, nous avons observé la formation, à côté de quelques gouttes bleues solidifiées de N^2O^3, d'une grande quantité d'un solide blanc très volatil (NO); ce dernier provoque, par sa vaporisation presque instantanée, l'explosion violente de l'appareil, lorsqu'on laisse l'ampoule H se réchauffer rapidement.

On ne peut donc distiller N^2O^3 dans le vide, par suite de la formation immédiate d'une atmosphère de NO, aux températures où la distillation serait pratiquement possible. Celle-ci ne peut être effectuée que par entraînement dans un excès de NO sous pression.

(¹) Ce n'est qu'un point d'ébullition commençante; la température d'ébullition de N^2O^3 s'élève progressivement par suite de phénomènes analogues à ceux qui se produisent dans l'ébullition de NO^3H pur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel nécessaire pour électrolyser les solutions de fer.* Note ([1]) de M. W. **Albert Noyes**, Jr., présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le dépôt électrolytique du fer a été souvent étudié, tant en vue du dosage analytique que du raffinage industriel du métal. J'ai constaté que le dépôt par watt-heure est fonction du voltage, qu'il augmente quand on diminue le potentiel. Parmi les travaux nombreux déjà publiés, je n'ai trouvé aucun renseignement sur le potentiel minimum nécessaire pour effectuer l'électrolyse d'une solution ferreuse entre deux électrodes de fer.

Théoriquement, quand on électrolyse une solution d'un sel d'un métal entre deux électrodes du même métal, l'énergie dépensée par le dépôt sur la cathode doit être compensée par l'énergie rendue disponible par la dissolution du métal à l'anode. C'est-à-dire que la chute de potentiel serait due seulement à la résistance ohmique de l'électrolyte. Tel est le cas pour le cuivre. Mais, pour certains métaux, l'électrolyse est compliquée par l'intervention de résistances passives. Cela se présente surtout avec le nickel, le cobalt et le fer.

Si l'on augmente graduellement, en partant de zéro, la différence de potentiel entre deux électrodes de fer, on observe dès l'abord un courant assez faible. Ce courant peut être dû à deux causes : 1° faible dissolution du fer à l'anode, et libération d'hydrogène à la cathode; cette explication a été proposée par Foerster ([2]); 2° existence des réactions hypothétiques ([3]) :

A l'anode.................. $Fe^{\cdot\cdot} - \Theta \rightarrow Fe^{\cdot\cdot\cdot}$
A la cathode................ $Fe^{\cdot\cdot\cdot} + \Theta \rightarrow Fe^{\cdot\cdot}$

Ces deux réactions permettent le passage du courant à voltage plus bas que le minimum nécessaire pour déposer le fer. Pour le nickel, le passage de ce faible courant est probablement dû à la première de ces deux causes. En diminuant le voltage graduellement à partir d'une valeur assez haute, on trouve que l'intersection du prolongement de la courbe avec l'axe des coordonnées correspond à 0,60 volt; c'est le voltage nécessaire pour faire passer un courant infiniment petit. Ce fait peut, sans doute, être expliqué

([1]) Séance du 17 novembre 1919.

([2]) Foerster, *Elektrochemie wässriger Lösungen*, 1915, p. 372.

([3]) Voir Washburn, *First Principles of Physical Chemistry*, 1915, p. 195.

en admettant que le nickel n'a que la valence 2 en solution, tandis que le fer peut exister soit à l'état ferreux, soit à l'état ferrique.

En utilisant le même appareil qui m'a servi pour mon travail sur l'acide sulfurique [1], j'ai obtenu dans le cas du fer une courbe avec deux points anguleux à la température ambiante. Le premier, 0,37 volt environ, est dû à la présence de traces de sels ferriques. L'autre point, 0,66 volt, correspond très exactement avec la valeur de la polarisation de l'ion ferreux, telle qu'on la donne dans les Tables de Constantes physiques [2]. En fait, dans les solutions soigneusement purifiées de toute trace de sels ferriques, il est impossible de déposer le fer sous un voltage inférieur à 0,66 volt.

Voici les valeurs trouvées à différentes températures :

Nickel.

Temp. (°C.)	Pot. (v)
20	0,60
41	0,45
59,5	0,38
96	0,24
106	0,21
120	0,17
130	0,15
153	0,12

Fer.

Temp. (°C.)	Pot. (v)
20	0,66
30	0,60
50	0,45
75	0,33
102	0,14
109	0,13
122	0,13
156	0,18
182	0,23

Le coefficient de variation avec la température pour le nickel entre 20° C. et 59°,5 est de $0^{\mathrm{v}},0056$. Pour le fer, entre 20° et 50° C., il est de $0^{\mathrm{v}},007$. Ces valeurs sont de même ordre que les coefficients de variations de polarisation entre 0° et 40° C. trouvés par Jahn [3] dans diverses solutions, et la valeur calculée de mes résultats sur l'acide sulfurique ($0^{\mathrm{v}},003$ entre 20° C. et 60° C.).

La polarisation mesurée paraît être moindre que le potentiel minimum nécessaire pour électrolyser le fer, et la différence doit être attribuée à la passivité.

Le minimum dans la courbe pour le fer doit être rattaché à un changement de valence, car il n'y a pas de minimum pour le nickel. Ce changement

---

(1) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1049.

(2) *Recueil de Constantes physiques*, Table **265** *a*, 1913.

(3) *Zeit. Phys. Chem.*, t. **18**, 1895, p. 399.

est dû, sans doute, aux traces d'oxygène restées dans la solution, soit à l'état de dissolution, soit fixées sur le platine.

En résumé, le potentiel minimum nécessaire pour électrolyser une solution ferreuse entre électrodes de fer électrolytique (qui présentent la moindre passivité envers les acides) baisse avec l'augmentation de température, d'abord de $0^{v},007$ par degré centigrade et ensuite plus graduellement, atteint une valeur minima vers 110°, puis recommence à croître au delà.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche et dosage de traces des acides cyanhydrique et sulfocyanique dans un milieu complexe.* Note de M. **L. Chelle**, présentée par M. Charles Moureu.

I. Le procédé classique de recherche et de dosage de l'acide cyanhydrique, consistant à opérer par distillation après acidification tartrique du milieu, est inapplicable dans le cas des grandes dilutions, CyH étant loin de passer dans les toutes premières portions du distillat, ce qui amoindrit la sensibilité des méthodes employées pour l'identifier ou en déterminer la masse.

Nous avons trouvé, au contraire, que, par l'action suffisamment prolongée et rapide d'un courant d'air, traversant le milieu complexe essayé, on pouvait complètement débarrasser ce milieu de toute trace de CyH et retenir ce dernier dans une solution alcaline de $KOH\frac{N}{10}$ par exemple. C'est ce qu'on réalise aisément avec un barboteur spécial, qui permet de réduire jusqu'à 1^{cm^3} la solution alcaline réceptrice, en opérant sur un volume de 50^{cm^3} de complexe cyanhydrique et en y faisant passer, pendant trois heures, un courant d'air à la vitesse de 20 à 25 litres à l'heure.

II. Cas des sulfocyanates. — Lorsqu'on traite en milieu acide une solution de sulfocyanate par un oxydant approprié, le groupement CN passe à l'état de HCN. Ce fait nous a suggéré l'idée de tirer parti de cette propriété pour déduire la dose d'ion CSN existant dans le produit essayé, en appliquant le procédé décrit pour doser des traces de CyH dans un milieu complexe. Il suffit d'ajouter au liquide 5^{cm^3} de SO^4H^2 au demi et un excès de chromate de potasse; on fait ensuite passer le courant d'air dans les conditions précédemment précisées pour entraîner CyH, produit que l'on arrête comme il est dit plus haut.

En présence de bromures, il faudrait acidifier par HCl et non par SO^4H^2, de manière à éviter la libération de brome qui réagirait sur CyH produit. En présence d'iodures, la séparation préalable de ces sels s'impose soit en les précipitant (chlorure de palladium ou de cæsium), soit en solubilisant CSNH lui-même dans l'éther fortement acide.

III. Cas du mélange CyM' + CSNM'. — 1° On acidule 50^{cm^3} du liquide avec 5^{cm^3} de SO^4H^2 au demi et l'on entraîne CyH des cyanures, que l'on recueille dans un volume (v) de potasse $\frac{N}{10}$.

2° On ajoute à la solution complexe un excès de chromate de potasse et l'on entraîne CyH correspondant au sulfocyanate de potasse, que l'on recueille dans un volume (v') de potasse $\frac{N}{10}$.

IV. Sur des parties aliquotes de la solution de potasse $\frac{N}{10}$ qui contient tout CyH du liquide examiné, on effectue les réactions au bleu de Prusse et à l'iodure d'argent ammoniacal de Denigès, qui sont d'une spécificité absolue et d'une grande sensibilité quand on opère d'après les techniques suivantes.

Réaction au bleu de Prusse. — Mettre dans un tube à essai 1^{cm^3} de la solution cyanurée alcaline et une goutte de phtaléine (ajouter goutte à goutte SO^4H^2 normal jusqu'à décoloration). Revenir juste à teinte rouge en ajoutant quelques gouttes d'une solution saturée de borate de soude ou, à la rigueur, de CO^3Na^2. Ajouter alors une goutte d'une solution de SO^4Fe à 2 pour 100. Agiter et attendre 3 à 4 minutes (il faut qu'après addition du SO^4Fe la teinte rouge du milieu persiste, sinon on la fait reparaître par addition de quantité suffisante de borax). Acidifier ensuite par 4 à 5 gouttes de HCl pur.

On obtient ainsi une teinte bleue intense et immédiate avec $0^{mg},1$ et $0^{mg},05$ de CyH. Au bout de quelques minutes on perçoit une teinte bleue très nette avec $0^{mg},01$ de CyH dans la prise d'essai.

Réaction à l'iodure d'argent ammoniacal. — Mettre dans un tube à essai 1^{cm^3} de la solution cyanurée alcaline à examiner et ajouter $0^{cm^3},2$ du réactif argentique. Si le liquide reste louche, c'est qu'il y a moins de $0^{mg},001$ de CyH dans la prise d'essai. Avec $0^{mg},001$ de CyH, il faudra plus de $0^{cm^3},2$; avec $0^{mg},005$, plus de 1^{cm^3}; avec $0^{mg},01$, plus de 2^{cm^3} de réactif pour avoir le louche.

Réactifs. — 10^{cm^3} $NO^3Ag\frac{N}{1000} + 2^{cm^3}$ NH^3 + 5 gouttes solution KI à 10 pour 100. Agiter et ajouter ensuite eau distillée quantité suffisante pour 100^{cm^3} (1^{cm^3} de cette solution correspond à $0^{mg},0054$ de CyH).

Dosage. — Mettre dans un flacon de cristal à faces parallèles, 1, 2, 3, a^{cm^3} de la solution potassique renfermant CyH entraîné et ajouter, par $0^{cm^3},5$, l'iodure d'argent

ammoniacal $\frac{N}{10000}$ jusqu'à opalescence, soit n^{cm^3} employés :

$$\text{CyH contenu dans } a^{cm^3} = 0^{mg},0054 \times n - x \ (^1).$$

Voici les résultats que nous avons obtenus en appliquant cette méthode à des solutions de CyK et de CSNK :

(v) = volume de la solution de potasse $\frac{N}{10}$ mis dans le barboteur captant CyH.

(q) = quantité théorique (en milligrammes) de CyH en expérience.

	I.	II.	III.	IV.
Cas du CyK :				
v	5^{cm^3}	5^{cm^3}	2^{cm^3}	1^{cm^3}
q	0,50	0,10	0,020	0,010
Trouvé	0,486	0,103	0,0189	0,0091
Cas du CSNK :				
v	5^{cm^3}	3^{cm^3}	2^{cm^3}	1^{cm^3}
q	0,50	0,10	0,020	0,010
Trouvé	0,486	0,108	0,019	0,0091
Cas du mélange CyK + CSNK : CyH de CyK.				
v	5^{cm^3}	5^{cm^3}	5^{cm^3}	3^{cm^3}
q	0,50	0,25	0,50	0,10
Trouvé	0,486	0,253	0,486	0,098
CyH de CSNK.				
v'	5^{cm^3}	5^{cm^3}	3^{cm^3}	5^{cm^3}
q	0,50	0,25	0,10	0,50
Trouvé	0,53	0,253	0,092	0,499

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution du primevérose, de la primevérine et de la primulavérine.* Note de MM. **A. Goris** et **Ch. Vischniac**, présentée par M. Guignard.

Nous avons établi que le primevérose se compose d'une molécule de xylose et d'une molécule de glucose. Ce sucre fournit une osazone et réduit la liqueur de Fehling; il possède par conséquent une fonction aldéhyde

(1) x est un facteur de correction qui correspond à la quantité de réactif argentique nécessaire pour percevoir le louche. Nous avons établi que $x = \frac{a+n}{20}$.

libre. Il n'en possède qu'une seule, son pouvoir réducteur avant hydrolyse correspondant à un seul groupement aldéhydique pour une molécule de biose.

Il s'agit maintenant d'établir lequel des groupements aldéhydiques, celui du glucose ou du xylose, est éthérifié dans la molécule du primevérose.

Par oxydation ménagée du biose, en milieu maintenu constamment neutre, on obtient un acide bionique. Le sel de cet acide fournira, par hydrolyse, d'une part un monose non attaqué, et d'autre part un acide monobasique provenant du second monose dont le groupement aldéhydique a été primitivement libre.

On obtient par cette oxydation faite en suivant la méthode appliquée avec succès par G. Bertrand et Weisweiler dans l'étude de la constitution du vicianose, du primevérobionate de calcium.

Ce sel est soumis à l'hydrolyse. La poudre est dissoute dans une quantité convenable d'eau, additionnée de 3 pour 100 de SO^4H^2. On maintient la solution au bain-marie bouillant pendant quatre heures, après quoi on neutralise par CO^3Ca et l'on filtre bouillant.

La solution renferme le sel de calcium d'un monoacide et le monose non attaqué. On concentre fortement la solution et on l'additionne d'alcool à 90°. Le sel de calcium précipite et le sucre reste en solution.

On purifie le sel de calcium en le reprenant par une petite quantité d'eau, de manière à éliminer le SO^4Ca.

Ce sel s'est montré identique au gluconate de calcium qui est caractéristique pour le glucose.

La solution alcoolique renfermant le sucre non attaqué, mélangé d'un peu de gluconate de Ca, est évaporée, et l'on reprend le résidu par une très petite quantité d'eau. Le xylose étant extrêmement soluble dans l'eau, on arrive ainsi à une séparation presque complète du sucre. On évapore la solution dans une capsule tarée, on la sèche dans le vide sur SO^4H^2 jusqu'à poids constant; on reprend le résidu par de l'eau et l'on en détermine le pouvoir rotatoire et le pouvoir réducteur.

La dernière détermination sert à vérifier le degré de pureté du sucre, le gluconate de Ca étant sans action sur la liqueur de Fehling.

Une partie de cette solution sert ensuite à préparer l'osazone, une autre à la préparation du xylonobromure de cadmium.

Tous ces essais confirment, de manière absolue, que le sucre non attaqué est bien le xylose.

Il résulte de ces déterminations que, dans le primevérose, la fonction aldéhydique libre du biose appartient au reste du glucose.

La formule de ce sucre est par conséquent la suivante :

$$\underbrace{CHO - (CHOH)^4 - CH^2 - O - CH}_{\text{reste de } d\text{-glucose.}} - \underbrace{CH - (CHOH)^2 - CH^2OH}_{\text{reste du xylose.}}$$

(les deux CH reliés par O)

Il est à remarquer que, dans tous les bioses réducteurs connus jusqu'à maintenant, renfermant du glucose et un autre hexose, comme dans le cas du lactose et du mélibiose, ou du glucose et un pentose, comme dans le vicianose et le primevérose, l'*aldéhyde libre appartient toujours au reste glucosique*. Lorsque ces sucres font partie d'une molécule glucosidique, c'est par l'intermédiaire de ce groupement aldéhydique que la combinaison se fait avec la fonction phénolique ou alcoolique du noyau aromatique.

La primevérine se dédoublant en primevérose et éther méthylique de l'acide β-méthoxyrésorcylique, et la primulavérine en primevérose et éther méthylique de l'acide *m*-méthoxysalicylique, auront donc les formules développées suivantes, qui expliquent toutes les propriétés de ces glucosides, et en particulier l'absence de leur pouvoir réducteur :

```
     C — CO — O — CH³
CH ⁄⁄ \C — O — CH — CH — (CHOH)³ — CH² — O — CH — CH — (CHOH)² — CH² OH.
  |    ||         \  /                          \  /
CH \   ⁄CH          O                             O
    \\ ⁄
     C — O — CH³
```

Primevérine.

```
            C — CO — O — CH³
       CH ⁄⁄ \C — O — CH — CH — (CHOH)³ — CH² — O — CH — CH — (CHOH)² — CH²OH.
         |    ||         \  /                          \  /
CH³ — O — C \  ⁄CH          O                             O
           \\ ⁄
            CH
```

Primulavérine.

Nous rappellerons que, de ces deux glucosides, le premier seul, la *primevérine*, a été obtenue à l'état pur.

Point de fusion : 206° ; $\alpha d = -71°,53$.

La *primulavérine* n'est connue que par ses produits de dédoublement. Le composé cristallisé, fondant à 163° et dont le pouvoir rotatoire est de $-66°,51$, obtenu au cours des extractions ou des recristallisations, ne peut être considéré comme étant la primulavérine pure.

Par dédoublement diastasique, puis saponification, ce corps donne un mélange d'acide β-méthoxyrésorcylique et d'acide *m*-méthoxysalicylique. Il ne doit donc être considéré que comme un mélange eutectique de corps probablement isomorphes.

Jusqu'alors nous n'avons pu obtenir ce glucoside à l'état pur, mais sa présence dans les diverses espèces de *Primula* ne fait aucun doute.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des hydramides.*

Note de MM. **J. Bougault** et **P. Robin**, présentée par M. Émile Bourquelot.

Nos précédentes recherches sur l'action oxydante de l'iode et du carbonate de sodium sur un certain nombre de composés de fonctions diverses nous ont conduits à appliquer la même réaction aux hydramides. Les trois corps de ce groupe que nous avons étudiés : benzhydramide, anishydramide, pipérhydramide, nous ont donné le même résultat : l'hydramide a été convertie en cyanidine correspondante, avec des rendements de 30 à 40 pour 100.

I. Voici quelques détails concernant la benzhydramide :

Lorsque à une solution de 17^g de benzhydramide dans 85^{cm^3} de benzène, on ajoute une solution de 30^g de carbonate de soude cristallisé dans 100^{cm^3} d'eau, puis de l'iode (solution au cinquième) en excès notable, on n'observe tout d'abord aucune réaction immédiate. Après 24 heures, quelques longs cristaux aiguillés nagent entre les deux couches liquides. Leur nombre augmente peu à peu. Si on les recueille au bout d'un mois, on en obtient environ 6 à 7^g.

Le point de fusion de ces cristaux (235°), leur très faible solubilité à froid dans tous les dissolvants neutres, les résultats du dosage du carbone et de l'hydrogène montrent que le corps en question est la triphénylcyanidine $(C^6H^5CN)^3$.

Cette identification a été confirmée en préparant le même corps par un des procédés connus (condensation du benzonitrile par l'acide sulfurique), et le comparant avec celui résultant de l'oxydation de la benzhydramide : le mélange des cyanidines des deux origines conserve le même point de fusion que chacune d'elles prise isolément.

Le processus de la réaction doit comporter d'abord la formation du composé (II) résultant d'une première oxydation.

$$C^6H^5.CH\begin{cases}N = CH.C^6H^5\\ N = CH.C^6H^5\end{cases} \rightarrow C^6H^5.CH\begin{cases}N = C.C^6H^5\\ N = C.C^6H^5\end{cases}\!\!>O$$

Benzhydramide (I). (II).

$$\rightarrow C^6H^5.CH\begin{cases}N = C.C^6H^5\\ N = C.C^6H^5\end{cases}\!\!>NH \rightarrow C^6H^5.C\begin{cases}N = C.C^6H^5\\ N = C.C^6H^5\end{cases}\!\!>N$$

(III). Triphénylcyanidine (IV).

Celui-ci réagit sur l'ammoniaque, provenant de la dissociation partielle de la benzhydramide, et donne le composé (III) qui, par une nouvelle oxydation, conduit à la cyaphénine (triphénylcyanidine).

II. Il nous a paru intéressant d'étendre aussi ces recherches à l'hydrocinnamide qui, comme on sait, a été considérée comme une hydramide, mais que M. Delépine [1] range dans les glyoxalidines.

L'hydrocinnamide, traitée par l'iode et le carbonate de sodium, s'est comportée différemment des hydramides : elle n'a pas fourni de cyanidine correspondante, mais seulement une résine amorphe dont il nous a été impossible de retirer aucun produit défini. Ce résultat fortifie donc les conclusions que M. Delépine a tirées de ses propres recherches.

III. Alors que nous n'étions pas encore fixés sur la nature des composés (cyanidines) obtenus ainsi qu'il vient d'être dit, nous avons examiné, pour nous éclairer sur ce point, leur dédoublement par hydratation sous l'action des acides. Les auteurs qui nous ont précédé dans cette voie ont employé l'acide iodhydrique fumant à 220°, et n'ont obtenu que de l'acide benzoïque et de l'ammoniaque (à partir de la cyaphénine).

En employant des moyens plus doux, savoir l'acide chlorhydrique en solution acétique, et à une température ne dépassant pas 120°, nous avons pu isoler de la benzamidine. L'équation de dédoublement est donc la suivante :

$$(C^6H^5CN)^3 = C^6H^5.CO^2H + NH^3 + C^6H^5.C(NH)NH^2.$$

Toutefois les quantités obtenues diffèrent un peu de celles prévues par cette équation : on trouve moins de benzamidine et plus d'acide benzoïque et d'ammoniaque. Ceci s'explique par l'hydrolyse partielle de la benzamidine sous l'action des réactifs.

Ainsi, 1^g de cyaphénine a été chauffé, pendant 7 heures, à 120°, avec 4^{cm^3} d'acide chlorhydrique et 5^{cm^3} d'acide acétique. Il restait $0^g,09$ de produit non attaqué. Nous avons obtenu $0^g,200$ de chlorhydrate d'ammoniaque et $0^g,350$ de chlorhydrate de benzamidine (théorie $0^g,460$).

L séparation des deux chlorhydrates s'effectue aisément par leur différence de solubilité dans l'alcool absolu.

L'obtention de benzamidine, dans ces conditions, s'accorde bien avec la

(1) *Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, 1898.

constitution de la cyaphénine; elle montre d'autre part que la benzamidine est assez résistante à l'action hydratante de l'acide chlorhydrique.

La triméthoxyphénylcyanidine $(CH^3O.C^6H^4.CN)^3$ et la triméthylènedioxyphénylcyanidine $(CH^2O^2.C^6H^3.CN)^3$, obtenues respectivement par oxydation de l'anishydramide et de la pipérhydramide, ont donné, par hydrolyse, des résultats du même ordre, avec les particularités propres à chacun des corps considérés. C'est ainsi que l'hydrolyse de la triméthoxyphénylcyanidine a donné, outre l'ammoniaque, l'acide anisique et l'anisamidine $CH^3O.C^6H^4.C(NH)NH^2$, un peu d'acide *p*-oxybenzoïque, et sans doute aussi de la *p*-oxybenzamidine qui toutefois n'a pas été caractérisée.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques effets du laminage des roches, observés dans la partie occidentale du Massif Central de la France.* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai récemment appelé l'attention (séance du 17 novembre dernier) sur l'association qui se remarque, le long de la grande ligne de fracture « d'Argentat », entre les mylonites et des roches granitiques qui, normalement massives, se présentent là avec une structure schisteuse.

Cette association ne s'observe pas seulement le long de la ligne de fracture en question. La région comprise entre Bosmoreau et Bourganeuf, que je viens d'étudier en vue de rechercher l'origine de l'inflexion que subit la fracture d'Argentat à partir de Bourganeuf, en offre des exemples typiques, et je suis amené, à cette occasion, à formuler une conclusion qui, si elle est reconnue exacte, entraînera, entre autres conséquences, une modification du figuré de plusieurs des feuilles géologiques de l'Ouest du Massif Central.

Laissant de côté le détail de la distribution géographique des divers terrains étudiés, je me contenterai de rappeler que Mallard, sur sa carte géologique, restée inédite, du département de la Creuse, a figuré, des environs de Janaillat (N. de Bosmoreau) jusqu'à Vallière (S.-S.-O. d'Aubusson), une longue et relativement étroite bande de micaschistes, associés à des granites gneissiques ou schisteux qui contournent la pointe avancée du Plateau de Millevache, et que, de son côté, M. de Launay, auteur des feuilles géologiques de Guéret, d'Aubusson et d'Ussel (partie Ouest), a confirmé l'exactitude de cette disposition générale. De plus, par ses notations (x, xγ, γx), il a précisé qu'il s'agissait de schistes anciens, antérieurs au

granite, schistes normaux, ou plus ou moins modifiés par des pénétrations granulitiques (légende de la feuille d'Ussel).

Je viens de constater qu'effectivement, au Sud d'une ligne très régulière, quasi-rectiligne (déjà esquissée sur la carte de Mallard), qui limite, entre Janaillat et le hameau de la Borne (N.-E. de Saint-Michel-de-Vesse), les granites à mica noir, à grain moyen, bien homogènes et bien massifs du Plateau de Guéret, s'étend un complexe de terrains plus ou moins schisteux : granites gneissiques et schisteux à grands éléments, gneiss et schistes plus ou moins micacés, complexe séparé en deux zones distinctes par la chaîne de granulite généralement massive, qui débute à l'Ouest, à Faye, près de Saint-Hilaire-le-Château.

Mais j'ai constaté aussi, et c'est là, je crois, un point nouveau, que ces différentes roches présentent ce trait commun de comporter des lits de friction, striés ou ondulés, et que les cristaux compris entre ces lits sont souvent allongés, sinon écrasés, qu'elles offrent donc l'aspect de roches laminées, bien différent de celui des schistes cristallins normaux, tels qu'ils apparaissent, par exemple, dans les régions de Tulle et d'Uzerche; tous les degrés de laminage peuvent s'y reconnaître, depuis la roche encore massive, mais légèrement comprimée, jusqu'au schiste dans lequel on ne distingue plus à l'œil les éléments du granite.

J'ai constaté enfin, ce qui vient à l'appui de la théorie du laminage, laquelle reste d'ailleurs à confronter avec les résultats d'une étude micrographique, que ces roches sont associées en plusieurs points, et à des niveaux qui ne sont pas toujours les mêmes, à de véritables mylonites (Janaillat, le Soulier, le Moulin du Puy, Saint-Georges-la-Pouge, Hay, le Moulin Charbonnier, sur le bord du granite de Guéret et, plus au Sud, le Monteil, au Nord de Bosmoreau, Saint-Michel-de-Vesse ([1]), etc.), et que ces mylonites ont aussi une structure variée, oscillant entre le type massif et le type schisteux.

Ces roches schisteuses sont toutes orientées uniformément, N. 70° à

([1]) Les roches écrasées de Saint-Michel-de-Vesse, visibles au cimetière, se poursuivent à l'Est où elles ont été rapportées d'abord au houiller par Mallard, et assimilées par Grüner à des grauwackes carbonifères, comme celles de Bourganeuf. Le lambeau du cimetière est noté h_v sur la feuille d'Aubusson. Cette traînée se poursuit à l'est de la route nationale et pénètre dans le massif de granite à cordiérite d'Aubusson qui, lui-même, repose à l'Est, en certains points, sur d'autres mylonites, par exemple à l'est d'Aubusson, et sans doute aussi à Couffy, au nord d'Ussel où se trouve figuré sur la carte un lambeau de dinantien associé à des schistes.

N. 75° O, et plongent fortement vers le Sud-Ouest. Elles paraissent donc s'appuyer sur le granite de Guéret; leur limite avec ce granite, parfois schisteux lui-même, correspondrait à une ligne de fracture ou de contact anormal.

De ce qui précède, et sous la réserve d'un complément d'études micrographiques, on peut conclure, sans trop de témérité, que les gneiss du Massif Central qui ne sont pas primitifs — si tant est qu'il ait existé ou qu'il existe encore de ces sortes de gneiss — ne sont pas non plus toujours dus à une injection ou pénétration de granite entre les feuillets d'un schiste (théorie de Delesse et de Michel-Lévy), ou à un autre mode de métamorphisme, mais qu'ils peuvent être, en certains cas, ainsi que les schistes micacés, le produit d'un laminage des granites, comme cela a été reconnu ailleurs.

Tel paraît être le cas pour la région dont je me suis occupé. Le laminage y affecterait une grande épaisseur de terrains et serait probablement dû *plus* à des déformations (*strains*) résultant d'efforts de distorsion ou de cisaillement (*shearing*) se répartissant sur toute la masse, qu'à des charriages, bien que l'existence de mylonites semble indiquer qu'il y a eu aussi des ruptures, des chevauchements à certains niveaux.

Les phénomènes de laminage ne sont probablement pas restreints à la région que je viens de décrire et à la fracture d'Argentat. A partir de Vallière, la zone schisteuse, d'après ce que l'on peut induire des études de M. de Launay, se prolongeait dans la région de la feuille d'Ussel qu'elle traversait entièrement du Nord au Sud, mais elle y a été, en grande partie, ultérieurement absorbée par l'invasion de la granulite du Plateau de Millevaches, et il n'en reste que quelques témoins au milieu de ce massif et surtout, extérieurement, une traînée étroite presque continue, qui sépare la granulite de ce granite à cordiérite si spécial que Grüner avait considéré comme un tuf de granite. Il est remarquable que, là encore, les schistes sont associés, en divers points, à des mylonites, car on doit sans doute considérer comme telles les roches classées comme dinantiennes sur la feuille d'Ussel.

Il y a donc lieu de croire que, sinon tous les terrains de la partie occidentale du Massif Central, du moins ceux des Plateaux d'Ussel et de Guéret ont été, à une certaine époque, entièrement constitués par les granites à biotite et par ceux, plus anciens, d'Aubusson à cordiérite, déjà eux-mêmes remaniés, et que, par conséquent, les actions auxquelles ces granites doivent leur venue (ou leur formation sur place) se sont exercées uniformément partout sans laisser de témoins des formations antérieures, qu'il y a donc eu

un métamorphisme vraiment général et complet. Les roches désignées, dans ces régions, sous les noms de micaschistes, de gneiss, de schistes granulitisés ou granitisés, de granites et granulites gneissiques, ne seraient ni des roches primitives, plus anciennes que les granites de Guéret et d'Aubusson, ni des granites en voie de formation, mais bien plutôt des granites en voie de déformation. L'existence d'actions mécaniques énergiques s'étant exercées en profondeur ne paraît pas, en tout cas, contestable, et ces actions ont dû jouer un grand rôle dans la constitution actuelle du Massif Central, sans préjudice, bien entendu, des actions métamorphiques proprement dites et, en particulier, des phénomènes postérieurs de granulitisation. Aussi importe-t-il de prendre en grande considération les phénomènes de dynamisme si l'on veut introduire un certain ordre dans les connaissances encore bien confuses que nous avons de cette grande région naturelle de la France.

HYDROLOGIE. — *Sur les coefficients de ruissellement des cours d'eau dans le Massif Central.* Note de M. **P. Morin**, présentée par M. G. Charpy.

L'utilisation industrielle de la puissance hydraulique d'un cours d'eau exige, pour se faire rationnellement, que l'on connaisse aussi exactement que possible son régime, c'est-à-dire la quantité d'eau qu'il débite par année moyenne et la répartition du débit global annuel entre les divers mois de l'année. C'est pourquoi, quand on a commencé à envisager sérieusement l'utilisation des puissances hydrauliques dans le Massif Central, pensant faire œuvre utile, nous avons cherché à étudier le bassin qui se trouvait à notre portée, le bassin du Haut-Cher, qui coïncide presque exactement avec l'ancien pays de Combraille.

Le but poursuivi était double : régime des précipitations atmosphériques dans le bassin versant en un point déterminé du thalweg, régime des débits. Dans notre pensée, cette double connaissance devait conduire à la détermination d'un nombre d'une très réelle valeur pratique : le *coefficient de ruissellement* ou rapport de la masse d'eau débitée par la rivière en un point à la masse d'eau tombée pendant le même temps sur le bassin versant au même point.

L'ensemble de nos observations a porté sur dix années : 1909-1918. Les résultats annuels sont donnés dans le Tableau ci-après :

Années.	Hauteurs de pluie.	Précipitations atm. annuelles.	Débits annuels.	Évaporation.	Coefficients de ruissellement.
	mm	m³	m³	m³	
1909	867	1326.10^6	545.10^6	781.10^6	0,41
1910	1279	1960	1255	605	**0,64**
1911	869	1330	547,5	782	0,41
1912	932	1426	654	772	0,46
1913	954	1460	679	781	0,465
1914	811	1241	379,5	871	**0,30**
1915	987	1508	681	827	0,45
1916	921	1409	597	812	0,424
1917	903	1381	617	764	0,447
1918	641	981	384	597	0,39
Moy. avec **1910**.	903	1402	634	768	0,42
» sans **1910**.	861	1340	565	786	0,42

L'examen des chiffres contenus dans ce Tableau conduit aux remarques suivantes :

a. Le coefficient de ruissellement annuel, ou rapport de la masse d'eau emportée par la rivière à la masse des précipitations atmosphériques, varie entre des limites très écartées : 0,64 en 1910, 0,39 en 1918, 0,30 en 1914; moyenne des dix années : 0,45.

b. Le sous-sol profond de la Combraille étant imperméable, l'eau qui ne s'écoule pas est évaporée. Or, la quantité absolue d'eau évaporée par année varie peu, mais elle est moindre dans les années très pluvieuses et dans les années très sèches.

Ces faits s'expliquent aisément. En année pluvieuse, la température générale est moindre et l'état hygrométrique plus élevé, double cause diminuante de l'évaporation. En année très sèche, la rareté de la matière évaporable fait la faible évaporation.

c. *Grosso modo*, les coefficients de ruissellement varient dans le même sens que la pluviosité.

La différence de pluviosité de deux années n'est pas, toutefois, la seule cause de différenciation du ruissellement.

La comparaison des années 1914 et 1918 montre que l'année la plus sèche peut avoir un coefficient supérieur à l'autre. Ici, c'est la distribution dans l'année de la masse globale des précipitations atmosphériques qui intervient. Les pluies journalières moyennes pendant les mois à débit déficitaire furent, en effet, respectivement :

	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Totaux.
1914............	$3^{mm},45$	$1^{mm},65$	$1^{mm},95$	$1^{mm},25$	$8^{mm},30$
1918............	$0^{mm},72$	$0^{mm},85$	$3^{mm},25$	$1^{mm},20$	$6^{mm},02$

L'année 1914 ayant donné plus d'eau, surtout en juillet, le mois le plus chaud, elle a beaucoup plus évaporé dans la période de grande évaporation.

Nous croyons donc pouvoir énoncer les règles suivantes :

1° Le coefficient de ruissellement dépend directement de la pluviosité; à répartition semblable, il croît avec la pluviosité et plus rapidement qu'elle.

2° A pluviosité égale, le coefficient de ruissellement est inférieur quand la période chaude reçoit relativement plus d'eau.

La portée de ces règles dépasse les limites de la région où nous le avons reconnues; il en résulte d'abord que, de deux contrées différentes d'une même région géologique, inégalement arrosée par les précipitations atmosphériques, la plus arrosée a le coefficient de ruissellement le plus élevé. Il en résulte encore que les contrées à pluies dominantes d'hiver et de printemps ont aussi un coefficient supérieur à pluviosité globale annuelle égale.

Ainsi, la grande Creuse reçoit 108^{cm}, quand le Cher reçoit seulement 91^{cm}. La première a une pluviosité inférieure à sa moyenne, $\frac{8}{9}$, pendant les mois chauds, tandis que le Cher reçoit la sienne pendant la même période. Ces deux faits expliquent que la Creuse a un coefficient moyen égal à 0,59, quand le Cher a seulement 0,435.

D'après ces mêmes règles, le Limousin, dans son ensemble, doit avoir un coefficient plus élevé que la Combraille et posséder, par conséquent, une puissance brute très supérieure par unité de superficie, à altitude égale.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Modification et complément apportés à la méthode d'observation des courants telluriques à l'aide de conducteurs nus souterrains.* Note (¹) de M. **Dechevrens**, transmise par M. Branly.

J'ai communiqué à l'Académie, dans sa séance du 14 octobre 1918, des résultats importants obtenus en mettant un galvanomètre sensible en contact avec un point de chacune des deux canalisations souterraines qui alimentent de gaz et d'eau l'Observatoire Saint-Louis de Jersey (île de la Manche). Ces conducteurs nus en plein sol sont le siège de courants élec-

(¹) Séance du 17 novembre 1919.

triques que l'on doit assimiler aux courants dits *telluriques* observés jusqu'ici seulement dans les longues lignes télégraphiques aériennes ou maritimes. Mais, à Jersey, ils se distinguent nettement de ces derniers en ce que la double oscillation diurne qu'ils présentent n'est pas fixe, mais mobile, à l'instar de la marée océanique dont les phases retardent quotidiennement de 50 minutes environ ; à Jersey, le courant tellurique prend la forme d'une marée électrique parfaitement caractérisée. D'une comparaison minutieuse, il ressort que cette marée électrique doit être tenue pour dérivée de la marée océanique même.

Je demande à l'Académie la permission de lui exposer un complément d'information sur le courant tellurique-marée, qui donnera en même temps satisfaction à un desideratum exprimé à propos d'observations entreprises dans plusieurs observatoires avec des lignes aériennes croisées. Deux lignes aériennes de directions à angle droit, par exemple NS et EW, ne sont pas nécessairement parcourues par des courants de même intensité, parce que le courant tellurique peut avoir une direction intermédiaire. Dès lors, l'emploi des deux lignes s'impose pour déterminer cette direction et aussi l'intensité vraie résultante. On m'a justement fait remarquer que le courant tellurique, observé avec les conducteurs souterrains de grande surface, reste indéterminé quant à sa direction et peut-être quant à sa force réelle.

J'ai réussi à lever cette incertitude et, du même coup, à simplifier la nouvelle méthode d'observation du courant tellurique. Les conducteurs souterrains de grande extension ne sont pas seuls à donner les résultats les plus satisfaisants. Un tube de plomb de 6^{mm} de diamètre extérieur, enterré sur 13^{m} de longueur, associé à quelques débris de feuille de cuivre rouge (au plus 3^{dm^2}), m'a fourni des diagrammes quotidiens qui rivalisent avec ceux du grand circuit gaz-eau pour la double oscillation de la marée électrique et pour les irrégularités petites ou grandes qui festonnent toujours les courbes photographiques. Ce premier résultat est intéressant; tout le monde n'a pas à sa disposition deux grands réseaux de tubes de fer souterrains, mais on a toujours sous la main un bout de tube de fer ou de plomb, de 5^{m} à 10^{m} de long, et une plaque de cuivre, qu'on enterre isolément et qu'on relie par deux fils de cuivre aux bornes d'un galvanomètre.

Le phénomène du courant tellurique sera observé dans tous ses détails si l'on installe, comme je l'ai fait à Jersey, deux systèmes semblables de tubes de plomb et de plaques de cuivre, avec galvanomètres propres, dans deux directions rectangulaires. L'Observatoire Saint-Louis est un bâtiment carré de $12^{m},5$ de côté, sa face d'entrée regarde le Sud-Ouest. Deux tubes de

plomb sont allongés en terre sur 13^{m} de longueur, l'un vers le Sud-Ouest, l'autre vers le Nord-Ouest; je leur ai associé à chacun, tout contre les faces opposées du bâtiment, une moitié de sphère creuse en cuivre rouge de 20^{cm} de diamètre. Ces deux sortes d'électrodes (plomb — cuivre +) se trouvent donc à la distance minimum de $12^{m},5$; des fils de cuivre attachés entrent dans le cabinet noir et sont mis aux bornes de deux galvanomètres parfaitement semblables, éclairés par un même bec. Le galvanomètre pour le grand circuit gaz-eau est à côté, moins sensible que les deux autres.

Comme voltage général, les trois circuits sont à peu près équivalents: c'est le plus étendu en surface, celui des tuyaux de fer du gaz et de l'eau, qui paraît le moins fort. En ce moment (8^{h} du matin), son voltage est de 0,11 volt; celui du circuit NE-SW de 0,16 volt; celui du circuit SE-NW de 0,14 volt. J'appelle voltage général la différence des potentiels des deux électrodes avec le sol humide; ce potentiel de contact varie avec les métaux et est indépendant de la surface de contact, par conséquent ici de la longueur des circuits ou des couples. Mais cette longueur joue un rôle important dans la facilité qu'elle apporte aux conducteurs souterrains pour recueillir un plus ou moins grand nombre des éléments électriques répandus à la surface ou dans l'intérieur du sol, lesquels lui sont propres comme une charge électrique naturelle, ou lui sont communiqués accidentellement, soit de l'extérieur du Globe, soit du mouvement des eaux de l'Océan. De ce chef, le circuit très étendu gaz et eau est incomparablement plus sensible que les deux autres qui sont réduits à quelques mètres de longueur d'un seul tuyau de plomb. Cela s'accorde avec la réduction de la sensibilité même du galvanomètre nécessaire pour obtenir avec le circuit très étendu une variation déterminée du point lumineux sur le papier d'enregistrement photographique. Les shunts appliqués actuellement à chacun de mes trois enregistreurs caractérisent bien les intensités relatives des trois circuits en fonctionnement; leurs résistances sont : dans le grand circuit 0,8 ohm, dans la direction NE-SW 35 ohms et dans la direction SE-NW 80 ohms.

La direction générale des deux canalisations du grand circuit est à peu près celle du circuit de petite longueur NE-SW, par rapport à l'observatoire; aussi ces deux circuits donnent-ils presque les mêmes courbes, soit pour la marée, soit pour les irrégularités de détail. Il n'en est pas de même avec le circuit SE-NW, perpendiculaire au précédent et parallèle au rivage de la mer en cette partie de l'île de Jersey. Ce que j'ai obtenu jusqu'ici semble permettre cette conclusion : les deux alignements croisés de conducteurs souterrains équivalent aux deux lignes aériennes croisées auxquelles on

demande la direction vraie du courant tellurique; à Jersey, le circuit NE-SW (sens du courant apparent extérieur) est au circuit SE-NW ce qu'à Tortosa (Espagne) la ligne aérienne E-W est à la ligne N-S; le voltage y est plus faible et sa variation diurne est opposée en tout ou en grande partie à la variation du courant principal. A Tortosa, les voltages des deux lignes croisées sont à peu près comme 300 (N-S) à 20 (E-W); à Jersey, ils seraient comme 33 (NE-SW) à 14 (SE-NW). Dès lors, la résultante des deux composantes de la marée électrique prend un intérêt considérable, et l'on peut espérer y trouver une concordance plus satisfaisante avec la marée océanique.

BOTANIQUE. — *Recherches expérimentales sur les causes de l'émersion des feuilles de nénuphar*. Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En 1917, Chénu attira mon attention sur des Nénuphars poussant dans un cul-de-sac de l'Ille et dont beaucoup de feuilles, au lieu d'étaler leur limbe à la surface de l'eau, restaient dressées dans l'air. Des faits de ce genre avaient déjà été signalés par Royer [1] : « Dans les eaux de 32^{cm}-40^{cm} de profondeur, a écrit ce remarquable observateur, les pétioles s'étalent assez pour faire nager les feuilles, mais dans une eau encore moins profonde, les feuilles restent émergées malgré la brièveté et l'étalement des pétioles. » Or, les Nénuphars de l'Ille étaient situés dans une eau profonde de 80^{cm} au moins ; l'explication de Royer ne pouvant s'appliquer à leur cas, je résolus d'étudier expérimentalement la question.

Dans des cuves prismatiques de verre, les unes à base carrée ($20^{cm} \times 20^{cm}$), les autres à base rectangulaire ($20^{cm} \times 10^{cm}$), ayant respectivement 20^{cm}, 28^{cm} et 50^{cm} de hauteur, je plaçai des œilletons semblables de Nénuphar prélevés sur un même pied vigoureux et je les maintins au fond de l'eau à l'aide d'un dispositif approprié. Dans tous ces vases, les feuilles étalèrent leur limbe, à la surface du liquide; dans les plus petits, les dernières feuilles formées, manquant d'espace, sortirent du vase en s'appuyant sur ses bords; elles ne se maintinrent pas dressées, mais devinrent plutôt retombantes. A la même époque, j'avais planté, dans des baquets en bois

(1) Royer, *Flore de la Côte-d'Or*, Paris, 1881.

de $0^{m},80$ de diamètre, remplis de terre recouverte d'une couche d'eau de 15^{cm}, des œilletons du même Nénuphar, semblables aux précédents. Ils se développèrent fort bien et donnèrent des feuilles toutes nageantes. L'hypothèse de Royer n'était donc pas fondée.

Une autre série d'expériences me fit entrevoir l'explication cherchée, Dans un bassin de zinc, de 1^{m} de diamètre et de 20^{cm} de hauteur, j'avais placé des œilletons isolés de Nénuphar; dans un bassin semblable, je mis une touffe assez volumineuse formée de nombreux rejetons du même Nénuphar, non divisés. Dans le premier cas, les feuilles, trop peu nombreuses pour se gêner mutuellement, s'étalèrent toutes; dans le second, les feuilles s'étalèrent d'abord, mais elles devinrent très nombreuses; et, quand la surface de l'eau fut totalement couverte, quelques feuilles du centre restèrent érigées. Ce résultat était dû simplement à une concurrence s'exerçant entre les feuilles de la plante par rapport à la surface de l'eau. Dans un bassin du Jardin des Plantes de Rennes, j'avais en même temps fait flotter une volumineuse touffe de Nénuphar; les premières feuilles ayant couvert la surface dans un assez large rayon, les feuilles centrales restèrent à court pétiole et se maintinrent droites, comme dans l'expérience précédente.

Cette explication ne pouvait cependant s'appliquer aux Nénuphars de l'Ille. En effet, ceux-ci n'étaient pas très serrés et leurs feuilles n'étaient pas assez nombreuses pour se concurrencer entre elles: le phénomène devait donc avoir une autre cause. Je remarquai que, au moment de l'apparition des feuilles érigées, la surface de l'eau était complètement envahie par des *Lemma* qui ne laissaient ainsi aux autres plantes aquatiques aucun espace libre. Ces *Lemma* avaient déjà fait pourrir des feuilles anciennes de Nénuphar et de nombreux pieds d'*Hydrocharis;* en remuant l'eau, on constatait sa fétidité et un dégagement de gaz des marais. Pour éviter l'asphyxie, les feuilles de Nénuphar émergeaient définitivement; les *Hydrocharis* en faisaient autant. La concurrence ne s'exerçait plus entre les organes de la même plante, mais entre des plantes inégalement armées pour la lutte dans un même milieu. Il en est si bien ainsi que, dans ce cul-de-sac de l'Ille, les Nénuphars qui poussent bien avant les *Lemma* et les *Hydrocharis* donnent, tant qu'ils sont seuls, de très nombreuses feuilles toutes nageantes; les feuilles émergées ne se montrent qu'au moment où les *Lemma* accaparent totalement la surface de l'eau.

Des expériences que j'ai effectuées sur des *Elodea* et des *Fontinalis*, plantes submergées, montrent que celles-ci luttent de la même manière

contre l'asphyxie. Les ayant cultivées, en masses serrées, dans des cristallisoirs, au Laboratoire, l'eau se recouvrit d'un voile bactérien sur lequel se déposa une couche de poussière charbonneuse provenant de l'appareil de chauffage. Les tiges de ces plantes se soulevèrent; leur sommet végétatif s'éleva dans l'air à 1^{cm} environ. Dans les cristallisoirs où, à l'aide de soins, le voile ne s'était pas formé, les *Elodea* et les *Fontinalis* n'avaient pas émergé. Ayant en outre placé des *Fontinalis* en eau profonde de 25^{cm}-30^{cm}, dans une urne de verre, les tiges, au lieu de rester couchées, se dressèrent verticalement; leur couleur devint vert tendre, les feuilles s'espacèrent et s'étalèrent en changeant de structure. Un bryologue non averti eût hésité à reconnaître l'espèce. Ces faits sont dus à la suppression du rhéotropisme et, comme les précédents, montrent combien est grande l'influence des changements de milieu sur les caractères des espèces.

En résumé, l'émersion des feuilles de Nénuphar est due à la concurrence qui s'établit, dans un espace limité, entre ses propres feuilles, ou à la lutte, en espace libre, entre les plantes nageantes voisines. Les variations de niveau de l'eau ne jouent aucun rôle dans la production de ce phénomène.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des acides sur la composition des cendres du* Sterigmatocystis nigra. Note de M. M. **Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai montré récemment [1] que le taux des cendres est très affaibli dans le mycélium du *Sterigmatocystis nigra* lorsqu'on vient à remplacer le tartrate neutre d'ammonium, introduit comme source d'azote, par le chlorure d'ammonium; pour 150^{cm^3} d'un milieu de culture ayant la composition qui suit :

Eau	150^{cm^3}
Saccharose	7^g
Tartrate neutre d'ammonium	1,380
Phosphate monopotassique	0,080
Sulfate de magnésium	0,080
Sulfate ferreux cristallisé	0,007
Sulfate de zinc	0,007

l'acidité, qui correspond au moment du semis à $2^{cm^3},8$ d'une solution nor-

(1) M. Molliard, *Action des acides minéraux sur la teneur des cendres du* Sterigmatocystis nigra (*Comptes rendus Soc. Biol.*, t. 82, 1919, p. 754).

male, atteint un maximum de $6^{cm^3},9$N au bout de 1 jour $\frac{1}{3}$, les cultures étant placées dans une étuve à 35°, puis diminue très rapidement lorsque le sucre n'existe plus qu'en petite quantité ou a complètement disparu; elle n'est plus que de $0^{cm^3},5$N au bout de 2 jours $\frac{1}{3}$, époque à laquelle est réalisé le maximum de récolte (environ $3^g,7$ de substance sèche). Si l'on remplace les $1^g,38$ de tartrate d'ammonium par $0^g,715$ de chlorure d'ammonium, correspondant à la même dose d'azote, l'acidité, due à l'accumulation d'acide chlorhydrique dans le liquide, passe d'une valeur initiale de $1^{cm^3},7$N à un maximum de 13^{cm^3}N qui est réalisé au bout de 3 jours, alors que la récolte atteint elle-même un maximum de $3^g,150$, puis se maintient très sensiblement constante, l'acide chlorhydrique n'étant pas utilisé.

Sur le premier milieu de culture, le taux des cendres est, au bout de 2 jours $\frac{1}{3}$, de 3,2 pour 100 et, sur le second, seulement de 1,5 pour 100; il y a donc du fait de l'acide chlorhydrique une diminution de perméabilité des cellules vis-à-vis des substances minérales; ces résultats posent la question de savoir si cette perméabilité est affaiblie dans la même proportion pour tous les éléments ou si au contraire certains corps subissent à cet égard une action particulièrement accentuée; l'analyse des cendres des mycéliums développés dans les deux conditions que je viens de définir permet de répondre à cette importante question de nutrition générale.

Dans le Tableau qui suit on pourra comparer la composition centésimale du mélange des sels fournis au Champignon et des cendres des deux sortes de mycéliums (j'ai négligé l'analyse du zinc et les résultats sont rapportés à 100 du mélange des substances recherchées); dans la seconde partie du même Tableau sont transcrits les résultats correspondant à une unique culture, soit à 170^{mg} du mélange des sels introduits, 117^{mg} des cendres du premier mycélium et 50^{mg} des cendres du second.

	Composition centésimale.			Résultats relatifs à une culture.		
		Cendres du mycélium sur			Cendres du mycélium sur	
	Sels du milieu de culture.	tartrate d'ammonium.	chlorure d'ammonium.	Milieu de culture.	tartrate d'ammonium.	chlorure d'ammonium
SO^3...	25,39	0,65	0,33	43,14	0,76	0,16
P^2O^5..	36,71	53,24	69,77	62,43	62,29	34,88
Cl....	»	»	0,33	»	»	0,17
K^2O..	25,02	36,47	26,85	42,54	42,67	13,43
MgO..	12,14	8,64	0,62	20,63	10,11	0,31
Fe^2O^3.	0,74	1	2,10	1,26	1,17	1,05
Total.	100	100	100	170	117	50

Il résulte de ces données que les cendres du *Sterigmatocystis nigra* développé sur le milieu à base de tartrate d'ammonium ont une composition tout à fait analogue à celle qu'on observe pour les organes de réserve des végétaux supérieurs; c'est à très peu près celle qu'on a donnée en particulier pour les grains de blé. Nous constatons, d'autre part, que le mycélium ne contient qu'une très faible portion du soufre qui lui est offert (environ $\frac{1}{56}$) et la moitié seulement du magnésium qui existe dans le milieu de culture; par contre, tout le phosphore et tout le potassium de la solution se retrouvent dans le mycélium, et il y a lieu de se demander dans quelle mesure le milieu minéral employé, et de même tous les liquides de culture proposés par Raulin et ses successeurs, s'éloigne du milieu où chacun des éléments serait offert à la dose nécessaire et suffisante; nous reviendrons sur ce point.

Mais c'est la comparaison des deux sortes de cendres que nous tenons à mettre en évidence pour l'instant; on voit que le soufre diminue en présence de l'acide chlorhydrique, que le potassium est en quantité notablement réduite, et surtout que le magnésium passe de 32 à 1 pour des mycéliums qui présentent cependant des poids de substance sèche assez voisins.

La perméabilité des cellules est donc modifiée d'une manière essentiellement différente suivant les éléments considérés, et c'est avant tout de magnésium que se trouve privé le mycélium; remarquons d'ailleurs que les quantités de SO^3, de Cl et de MgO qu'on observe dans le mycélium développé en présence d'acide chlorhydrique sont de même ordre, et leurs valeurs sont telles qu'on est en droit de se demander si elles correspondent bien à des éléments ayant pénétré dans le protoplasme ou s'il ne s'agit pas simplement de traces retenues dans les espaces intercellulaires ou dans l'épaisseur des membranes.

Je me contenterai de signaler rapidement le rapprochement qui s'impose entre les résultats que je viens d'exposer et ceux que M. Girard [1] a publiés relativement aux modifications de perméabilité qui s'observent pour les membranes osmotiques sous l'action des diverses réactions du milieu; mais je tiens, pour terminer, à attirer l'attention sur la valeur explicative des faits qui précèdent en ce qui concerne l'action morphogénique qu'exercent les acides sur le *Sterigmatocystis nigra*. On sait, depuis les recherches de Tanret, qu'à une dose suffisante ces substances amènent des transformations remar-

---

(1) P. GIRARD, *Relation entre l'état électrique de la paroi de la cellule et sa perméabilité à un ion donné* (*Comptes rendus*, 1919, t. 169, p. 94) et Notes antérieures.

quables dans les propriétés morphologiques du mycélium et suspendent en particulier la formation des conidies; cette stérilité peut, d'autre part, être réalisée par un taux insuffisant de certains éléments; c'est ce qui se passe en l'absence de potassium (¹); il est bien séduisant de penser que, dans les deux cas, le mécanisme est le même et que c'est en provoquant une inanition minérale que les acides se trouvent empêcher la constitution des conidies.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Le deuxième postulat du calcul des probabilités et la loi d'option dans l'évolution de la matière vivante.* Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. J. Violle.

Les phénomènes du monde inorganique sont dominés par deux lois physiques qui s'appliquent dans toute l'étendue de la connaissance humaine : la loi de conservation de l'énergie et la loi de dégradation de l'énergie.

D'une façon générale, le sens des phénomènes d'évolution (c'est-à-dire des phénomènes ne relevant pas de la mécanique abstraite et ne pouvant entrer même idéalement dans des cycles réversibles de mouvement perpétuel) est déterminé par la deuxième de ces lois : entre plusieurs phénomènes d'évolution dégradateurs de l'énergie mise en jeu, celui-là a le plus de chance de se produire qui est lié à la plus grande chute de grade énergétique ou au plus grand accroissement entropique du système fermé auquel il appartient.

Quand des phénomènes inorganiques on passe à l'étude des phénomènes de la matière vivante, on constate que la plupart des mutations dont les chaînes forment l'évolution de la vie se produisent dans le voisinage des états d'équilibre, aussi bien si l'on considère la vie chimique que si l'on envisage la vie de relation et les manifestations de l'irritabilité.

Dans la vie de nutrition, cela signifie que le plus souvent plusieurs phénomènes isodégradateurs sont possibles d'après les lois de l'énergétique, mais que l'un ne peut se produire qu'à l'exclusion des autres sans que la deuxième loi impose ce choix; ou bien que plusieurs phénomènes inégalement dégradateurs sont possibles, mais que le choix de l'un d'eux est indifférent devant la deuxième loi de l'énergétique parce que de faux équilibres chimiques ou physiques les empêchent de se produire et parce que leur production nécessite l'intervention de tel ou tel agent, dont l'entrée

(¹) M. Molliard et H. Coupin, *Influence du potassium sur la morphologie du* Sterigmatocystis nigra (*Rev. gén. Bot.*, t. 15, 1903, p. 401).

en scène, d'ailleurs infiniment peu dégradatrice, est elle-même thermodynamiquement indifférente.

Cela signifie dans la vie de relation qu'entre plusieurs phénomènes réactionnels possibles, celui-là ne se produira pas fatalement qui correspond au plus grand accroissement entropique; ce qui détermine le choix, c'est un agent déclenchateur ressortissant à l'irritabilité plasmique, agent capable de suivre les voies les plus variées dans la complexité du tissu irritatif ou du système nerveux sans que la voie choisie soit imposée par la deuxième loi de l'énergétique.

Le choix entre plusieurs phénomènes physico-chimiques isodégradateurs, entre plusieurs interventions thermodynamiquement indifférentes, entre plusieurs actions déclenchatrices du domaine de l'irritabilité, ce choix doit ou bien dépendre du hasard, c'est-à-dire relever du seul calcul des probabilités, ou bien dépendre d'une loi inutile à la compréhension du monde inorganique et qui mette en défaut les formules de probabilités.

Le fait que les formules de probabilités ne suffisent pas à expliquer l'évolution de la vie a été le point de départ de diverses doctrines et en particulier des doctrines vitalistes, qui ont éloigné du raisonnement scientifique rigoureux.

En réalité, une propriété très nettement définie de la matière vivante suffit à résoudre le problème en mettant en défaut le deuxième postulat des formules de probabilités. Le calcul des probabilités en effet exige, on le sait, la vérification de deux postulats : il faut, quand un système se trouve placé une série de fois successives dans les conditions requises pour que 2, 3, 4, ... phénomènes s'excluant les uns les autres soient possibles et aient les mêmes chances de se produire, il faut que : 1° ces 2, 3, 4, ... phénomènes demeurent indéfiniment indifférents devant la deuxième loi de l'énergétique (postulat d'indifférence); 2° que la route suivie une première fois par le système n'ait aucune répercussion sur la détermination de la route qui sera prise la fois suivante (postulat d'indépendance).

Or le postulat d'indépendance est mis en défaut par une propriété de la matière vivante qui n'existe qu'à titre exceptionnel dans les systèmes inertes : la facilité de répétition du déjà fait, la mémoire du chemin déjà parcouru, *l'habitude* prise au sens le plus large du mot.

Entre plusieurs phénomènes physico-chimiques isodégradateurs ou commandés par des actions isodégradatrices, entre plusieurs phénomènes réactionnels déclenchés par un processus irritatif le choix fait à un moment donné par une unité vivante n'est pas indépendant du choix fait

antérieurement dans des conditions analogues. A la différence des coups de roulette dans les jeux de hasard, il y a augmentation des probabilités en faveur du numéro déjà sorti, option conforme au choix déjà fait.

Dès lors le problème se trouve réduit à une seule proposition : comment se fait-il que l'option qui tend à se répéter, toujours la même dans un organisme par habitude matérielle et toujours la même dans une lignée par continuité de cette habitude dans le germe (hérédité), comment se fait-il que cette option soit dirigée dans un sens universellement le même, dans le sens du progrès des espèces : c'est ici qu'il faut faire intervenir la sélection naturelle qui élimine les individualités, les lignées, les espèces les moins bien douées, c'est-à-dire chez lesquelles se sont implantées des habitudes moins favorables.

L'étude de la mémoire du déjà fait et de la systématisation de l'option dans le sens du progrès nécessite de longs développements que j'ai ébauchés dans le quatrième Volume des *Nouveaux horizons de la Science*, couronné par l'Académie des Sciences, et que j'ai plus explicitement exposés dans *La matière et la vie* que je présente aujourd'hui à l'Académie.

De cette étude, il résulte que l'option systématisée constitue une véritable *loi d'option* qui a en regard de l'évolution des phénomènes de la vie la même importance que la loi de Carnot a en regard de tous les phénomènes de la nature.

MORPHOLOGIE. — *Sur la rotation de la région anale et du tortillon de la coquille larvaire chez les Gastéropodes.* Note de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Yves Delage.

L'anus a une position différente chez les larves et chez les adultes, dans tous les Mollusques, à l'exception des Amphineures.

Chez les Céphalopodes et les Scaphopodes, l'anus se déplace ventralement vers la bouche, en restant *sur la ligne médiane.* Pelseneer a caractérisé le phénomène sous le nom de *flexion ventrale.*

Dans les Pélécypodes, l'anus se déplace dorsalement à l'opposé de la bouche, en restant *sur la ligne médiane*, et je propose de caractériser ce phénomène sous le nom de *flexion dorsale.*

Enfin, dans les Gastéropodes, l'anus se déplace *latéralement vers la droite et vers le dos,* tendant à gagner la ligne médio-dorsale. Le terme de flexion ventrale ou de flexion dorsale ne peut s'appliquer exactement à leur cas,

puisque l'anus est d'abord ventral, puis dorsal. Je propose de caractériser le phénomène, chez les Gastéropodes, par le terme mieux approprié de *rotation de la région anale et du tortillon de la coquille larvaire*, afin d'indiquer que, contrairement à ce qui se passe chez les autres Mollusques, la région anale et le tortillon de la coquille larvaire tournent autour de l'axe longitudinal de l'embryon.

Cette constatation a une extrême importance pour se faire une idée exacte de la torsion chez les Gastéropodes.

Il y a, en effet, trois parties dans l'embryon : 1° la partie supérieure (*céphalo-pédieuse*); 2° la portion moyenne (*œsophagienne*); 3° la portion abdominale (*stomacale et intestinale*) qu'il importe de distinguer au point de vue de la torsion autour de l'axe longitudinal du corps.

Or, si comme Pelseneer [1], par exemple, on définit la torsion proprement dite des Gastéropodes : « La partie postérieure (viscérale) de l'embryon, distincte de la portion céphalo-pédieuse, tourne autour de l'axe longitudinal, sa face ventrale, passant au côté dorsal par le côté droit. » On confond sous le nom de partie postérieure (viscérale) les deux dernières parties (portion moyenne et portion abdominale) et l'on admet, *a priori*, que ces deux dernières parties tournent, ensemble, autour de l'axe de l'embryon.

C'est là que réside la confusion qui, selon moi, a empêché jusqu'ici les auteurs de voir clair dans la question. Confusion entre un phénomène général, commun à tous les Gastéropodes, et un phénomène particulier, qui n'existe que chez un certain nombre de Gastéropodes seulement.

Tous les Gastéropodes à coquille larvaire nautiloïde, c'est-à-dire tous les Gastéropodes, sauf les Amphineures, subissent, à l'état embryonnaire, une torsion autour de l'axe longitudinal du corps; mais cette torsion n'influence pas toutes les régions du corps.

1° La région céphalo-pédieuse *ne se tord jamais*;

2° La région abdominale *se tord toujours*;

3° La région moyenne *se tord dans un certain nombre de cas seulement*.

Les Prosobranches et un certain nombre d'Opisthobranches subissent, à la fois, la torsion autour de l'axe longitudinal du corps, dans la deuxième et la troisième région (région moyenne et région abdominale).

Le reste des Opisthobranches subit, seulement, la torsion autour de l'axe longitudinal du corps, dans la troisième région (région abdominale); *c'est-à-dire, la rotation de la région anale et du tortillon de la coquille*

---

(1) Paul Pelseneer, *Recherches sur l'embryologie des Gastéropodes*, Bruxelles, 1911.

larvaire. L'étude attentive des larves de Gastéropodes et, en particulier, du muscle columellaire le prouve nettement.

Cela nous explique pourquoi un Opisthobranche, tel que Doris par exemple, présente *chez la larve et chez l'adulte* une symétrie parfaite de la région supérieure et moyenne du corps, tout en ayant un anus dorsal.

L'hypothèse de la détorsion, faisant dériver les Opisthobranches des Prosobranches par détorsion, qui a été formulée par Bouvier, soutenue par Pelseneer, Guiart, Naef et d'autres auteurs qui l'ont rendue classique, ne correspond pas aux faits :

La détorsion *n'existe chez aucun Gastéropode, où l'on rencontre seulement des phénomènes de régularisation*.

L'origine des Opisthobranches doit être recherchée, non du côté des Prosobranches et de la forme Actéon, mais du côté des formes telles que *Fryeria* présentant des ressemblances extérieures frappantes avec les Amphineures.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Facteur modificateur de la croissance normale et loi de compensation*. Note (¹) de M. **Albert Pézard**, présentée par M. Edmond Perrier.

Des travaux de plusieurs expérimentateurs (²) il résulte que la croissance d'un animal, en fonction du temps, peut se représenter par une courbe tangente à l'horizontale, à l'origine, présentant ensuite une partie ascendante, puis un palier horizontal qui correspond à l'état adulte. La partie ascendante présente deux segments : le premier, concave vers le haut; le second, convexe, séparés par un point d'inflexion. Dans le second segment, F. Houssay, opérant sur les poules, a mis en évidence une modification constante du tracé correspondant à un arrêt momentané, ou même à une diminution de la croissance qu'il désigne sous le nom de « *phase de creusement* » et qu'il attribue à la « préparation de la ponte ».

(¹) Séance du 17 novembre 1919.

(²) Dr J.-J. Deschamps, *Étude analytique des phénomènes de l'auto-intoxication* (*Bulletin de la Société des gens de science*, 15 janvier 1902). — Ch. Féré, *Notes sur la croissance du poulet* (*Journ. Anat. et Physiol.*, 1901). — F. Houssay, *Variations expérimentales* (*Arch. zool. exp. et gén.*, t. 6, 2 mai 1907). — A. Pézard, *Le conditionnement des caractères sexuels secondaires des Gallinacés* (*Bulletin biol. France et Belgique*, juin 1918).

Il résulte de nos observations que la perturbation de la courbe de croissance est conditionnée par l'ovaire.

Cinq poules sont mises en expérience, en 1913, à la Station physiologique du Collège de France, au Parc des Princes. Trois proviennent d'un élevage fait à la Station même

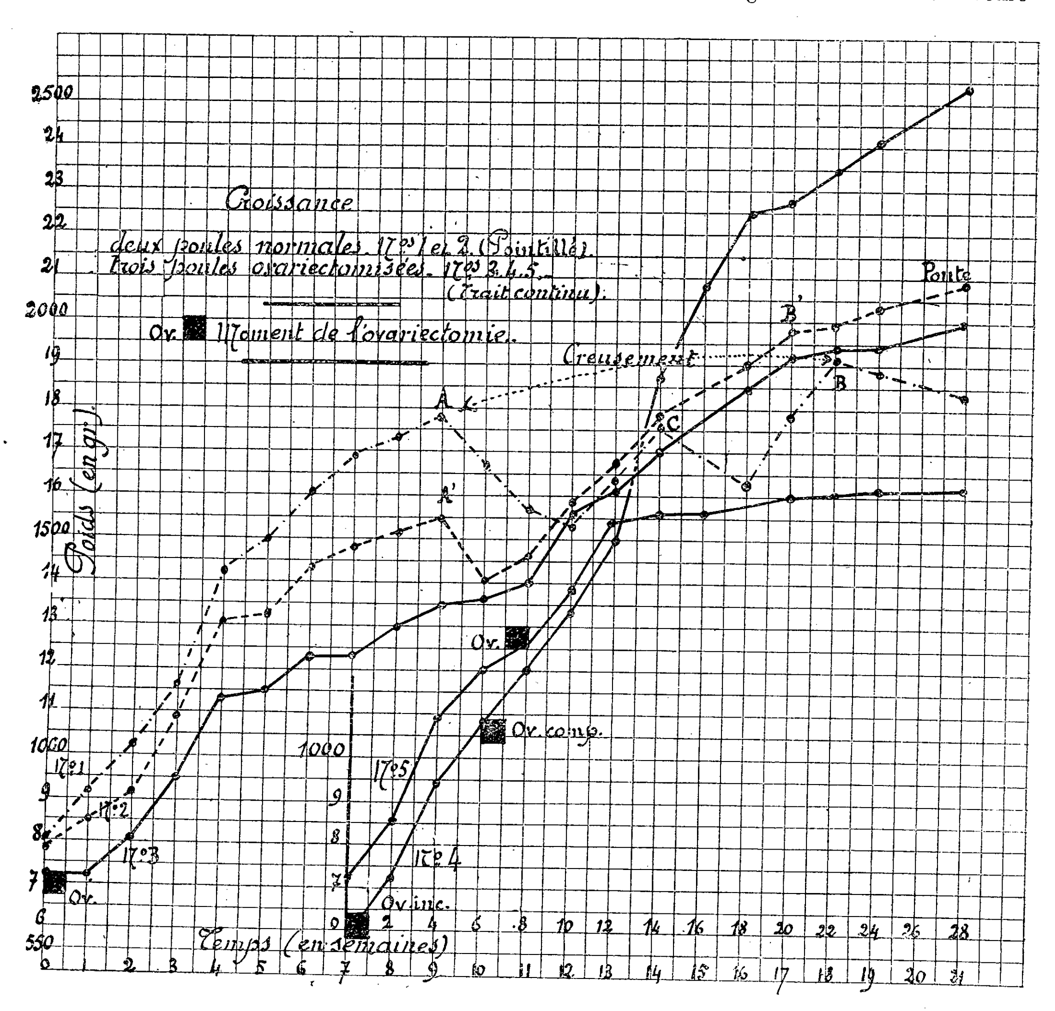


Fig 1. — Graphique relatif à la croissance chez poules normales et poules ovariectomisées. (Pour la clarté de la figure, les courbes nos 4 et 5 ont été décalées et l'échelle des temps est deux fois plus petite.)

(nos 1, 2 et 3 du graphique); les deux autres (nos 4 et 5), ont été achetées en Beauce. La poule no 3, née le 10 mai 1913, a été soumise à l'ovariectomisie le 1er juillet suivant. La poule no 4 l'a été en deux fois : première opération, incomplète le 13 octobre 1913; opération complétée le 8 janvier 1914. La poule no 5 a été ovariectomisée

le 11 décembre 1913. Au moment de l'opération, ces deux animaux sont encore à l'état de poulettes. L'intégrité de l'opération est vérifiée à l'autopsie (1915 et 1919).

Nous retrouvons, chez les deux poules normales, la phase de creusement AB, A'B', signalée par F. Houssay; elle débute au même instant dans l'un et l'autre cas, et présente à peu près la même durée (deux mois environ). On observe non seulement un ralentissement de la croissance,

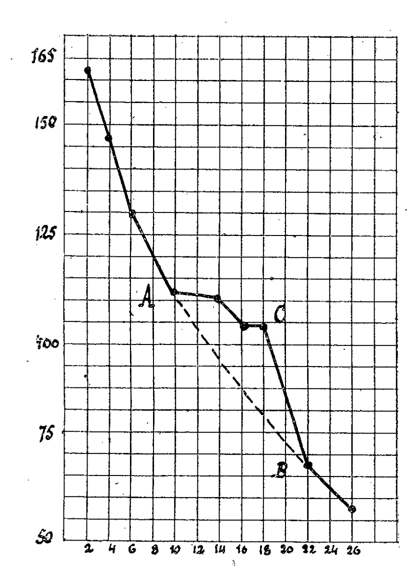


Fig. 2. — Cicatrisation d'une plaie (d'après A. Carrel).

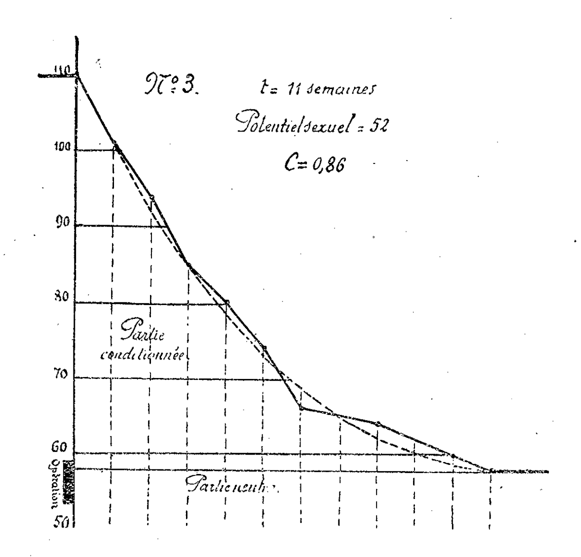


Fig. 3. — Régression de la crête chez un coq castré.

mais une chute de poids (250g dans un cas, 150g dans l'autre). Chez les poules ovariectomisées, la croissance se poursuit sans phase de creusement; les courbes ne présentent que quelques sinuosités secondaires qui ne modifient pas sensiblement leur segment convexe. *Le creusement constaté dans la croissance des poules normales est donc sous la dépendance de l'ovaire.*

L'examen des perturbations AB, A'B' montre que l'influence retardatrice de l'ovaire sur la croissance n'est que momentanée et les points B et B' se trouvent, sans aucun décalage, dans le prolongement naturel des segments normaux correspondants (parties situées en deçà de A et A'). Sitôt que cesse l'action de l'ovaire, l'organisme réagit contre le retard qu'il a subi et accélère ses processus morphogènes jusqu'à ce qu'il retrouve sa courbe vraie. Les courbes que A. Carrel a établies relativement à la cicatrisation des plaies sont analogues [1]. La figure 2 représente, en

(1) *The relation between the Size of a Wound and the Rate of Its Cicatrization* (*The Journal of Exp. Med.*, November I, 1916, vol. 24, n° 5, p. 429-450).

ordonnées, la surface d'une blessure, en abscisse le temps (en jours). La régularité de la cicatrisation est troublée, entre A et B, par une infection. La période d'infection correspond à AC; la blessure est stérilisée chimiquement (en C). Aussitôt la cicatrisation s'accélère de façon à replacer le phénomène sur le prolongement de l'ancien tracé. *Le retard apporté par l'infection a été suivi d'une accélération compensatrice.*

Nous avons observé des balancements de même genre en suivant la régression des organes érectiles consécutive à la castration postpubérale, chez le coq [1]. Dans la figure 3, qui représente la longueur de la crête, l'aberrance correspondant au point 7 est compensée par une oscillation inverse de la régression.

Ainsi, une action déviatrice de la croissance ou de la régression serait suivie d'une action compensatrice rétablissant la courbe normale. C'est ce qu'on pourrait appeler la *loi de compensation*.

CHIRURGIE. — *La survie définitive des chiens saignés à blanc, obtenue par un moyen autre que la transfusion du sang.* Note de M. **Barthélémy**, présentée par M. Quénu.

Complétant les expériences de Bayliss qui n'avait étudié ni la saignée totale ni la survie définitive, nous avons entrepris cette étude de la survie définitive chez le chien saigné à blanc en rétablissant la masse sanguine et la pression par injection intraveineuse d'une solution de NaCl à 9 pour 1000 additionnée de gomme arabique dans la proportion de 6 pour 100. Toutes nos expériences sont du type de celle qui suit :

Expérience. — Un chien à jeun depuis la veille est pesé et anesthésié par injection dans la saphène de chloralose en solution dans l'eau salée physiologique à raison de $0^g,10$ par kilogramme d'animal. Une saignée est opérée à l'aide d'une canule en verre introduite dans la carotide et laissée à demeure jusqu'à ce que le sang cesse de couler, la respiration s'arrêtant et les battements cardiaques cessant d'être perceptibles. Chaque fois que l'écoulement sanguin semblait se tarir prématurément par suite d'une défense de l'organisme, il était aussitôt réactivé par élévation du train postérieur.

Dès que l'animal est saigné à blanc, une injection d'eau salée gommée en quantité toujours inférieure à la quantité du sang perdu est pratiquée dans la saphène, pendant que la respiration artificielle est mise en œuvre. Dès le début de l'injection, les battements du cœur reprennent. La respiration spontanée reparaît plus tardivement, après un temps variant de 5 à 20 minutes. Après sutures des plaies opératoires, l'animal est réchauffé et mis en observation.

([6]) *Loi numérique de la régression des organes érectiles consécutive à la castration postpubérale* (*Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 134).

Nous avons effectué ainsi sept expériences dont les résultats, consignés dans le Tableau suivant, comportent cinq cas de survie indiscutables, et deux cas de mort après survie de 2 à 4 jours, c'est-à-dire après survie toujours supérieure à 24 heures. Ces deux cas de mort peuvent être imputables à une intoxication par apport possible de produits toxiques microbiens avec l'eau salée gommée, qui en aucun cas n'a été stérilisée, intoxication d'autant plus facile chez un animal mis en état de moindre résistance par la saignée totale.

Nos.	Poids du chien.	Sang total.	Sang prélevé (1).	Proportion de sang prélevé.	Quantité d'eau salée gommée injectée.	Durée de la respiration artificielle.	Résultats (2).
	kg	cm³	cm³	pour 100	g	m	
1...	12 »	923	580	62	300	5	Survie définitive
2...	11 »	823	510	62	500	5	Survie définitive
3...	12,250 (vieux chien)	942	555	59	340	5	Survie 4 jours Mort de cachexie
4...	13,700	1053	760	72	600	4	Survie définitive
5...	12 » (vieux chien)	923	550	59	450	20	Survie définitive
6 ..	22,300	1466	975	66	900	3	Survie définitive
7...	17 »	1307	725	55	650	5	Survie 48 heures Mort de cachexie

Ces résultats nous permettent de poser en principe qu'au moyen des injections intraveineuses d'eau salée gommée il est possible de lutter contre l'anémie aiguë avec autant d'efficacité et à moins de frais que par la transfusion de sang ou de plasma (3).

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

(1) La masse sanguine totale a été considérée comme étant $\frac{1}{13}$ du poids du corps pour les chiens de 10kg à 20kg et $\frac{1}{15}$ pour le chien de plus de 20kg (chiffres conformes aux données de Richet).

(2) Un huitième chien, anesthésié, saigné et injecté dans les mêmes conditions, a pu être ranimé comme les précédents, mais ne s'est pas réveillé; il nous est impossible de faire état de cette expérience.

(3) La clinique nous a permis d'appliquer ces principes avec succès chez un blessé saigné à blanc par section incomplète des deux fémorales, traité *in extremis* et rappelé à la vie par cette thérapeutique. Cette observation sera rapportée à la Société de Chirurgie.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1919 (*suite et fin*).

Études de photochimie, par Victor Henri. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm. Présenté par M. Deslandres.)

Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble (1916-1917), t. XI, fasc. III. Grenoble, Allier frères, 1918; 1 vol. 25cm.

Note sur la forme de thalle chez Dictyota dichotoma, par Henri Micheels. Naples, 1910; 1 fasc. 27cm.

Action du courant galvanique continu sur la germination, — Action des liquides anodiques et cathodiques sur la germination, par Henri Micheels. Extrait des *Annales d'électrobiologie et de radiologie.* Lille, 1911; 2 fasc. 23cm.

Recherches sur Caulerpa prolifera, par Henri Micheels. Bruxelles, Hayez, 1911; 1 fasc. 25cm.

Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination, par Henri Micheels. Bruxelles, Hayez, 1912; 1 fasc. 25cm.

Action des solutions anodisées et cathodisées sur la germination, par Henri Micheels. Bruxelles, Hayez, 1913; 1 fasc. 25cm.

Polargeometrie, von Ernst Barthel. Berlin, Leonhard Simion, 1919; 1 fasc. 23cm.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1919.

Service géographique de l'armée. *Rapport sur les travaux exécutés en* 1913. Paris, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Kötlugosid, 1918, par Gudgeir Jóhannsson. Reykjavíc, Arsaels Árnasonar, 1919; 1 fasc. 19cm.

Catalogue raisonné et descriptif des collections d'ostéologie du service d'anafomie comparée du Muséum d'histoire naturelle, par R. Anthony : *Mammifères*, asc. X, *Tubulidentata* (*Oryctèropes*). Paris, Masson, 1919; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Un grand chimiste. Un grand anglais : sir William Ramsay, par Ch. Mou . Paris, Paul Dupont, 1919; 1 fasc. 21cm.

Notions fondamentales de chimie organique, par CH. MOUREU, 6e édit. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 23cm.

Études de lepidopterologie comparée, par CHARLES OBERTHUR, fasc. XVI. Rennes, Oberthur, 1918; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Culture de l'huître perlière dans le golfe de Californie, par LÉON DIGUET. Extrait du Bulletin de la *Société d'acclimatation de France*. Paris, 1919; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Ce qu'il faut penser de la baguette des sourciers, par MARAGE. Paris, Institut général psychologique, 1919; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Delage.)

Précis d'électricité théorique, par LÉON BLOCH. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Villard.)

Les fourmis de France et de Belgique, par J. BONDROIT. Extrait des *Annales de la Société entomologique de France*, vol. 87, 1918. Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1918; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Les premières sociétés savantes de Paris au XVIIe *siècle et les origines de l'Académie des Sciences*, par G. BIGOURDAN. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 fasc. 27cm.

Leçons de chimie à l'usage des élèves de mathématiques spéciales, par HENRI GAUTIER et GEORGES CHARPY, 6e édit. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm.

Compte rendu de l'assemblée constitutive du Conseil international de recherches, tenue au palais des Académies, à Bruxelles, du 18 *au* 28 *juillet* 1919, *présenté à l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*, par MM. PELSENEER, SWARTS et LECOINTE. Bruxelles, Hayez, 1919; 1 vol. 24cm.

Le mythe des symbiotes, par AUGUSTE LUMIÈRE. Paris, Masson, 1919; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Roux.)

L'hérédité morbide, par APERT. Paris, Ernest Flammarion, 1919; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. F. Widal.)

Missions du « Pourquoi-pas? » en 1912, 1913 *et* 1914. *États de service de ce navire de* 1908 *à* 1919, par J.-B. CHARCOT. Cherbourg, Morel et Lauren, 1919; 1 fasc. 28cm. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

ERRATA.

(Séance du 10 novembre 1919.)

Note de M. *A. Blondel*, Sur une solution de la photométrie hétérochrome permettant une mesure physique de l'intensité lumineuse :

Page 835, ligne 9, *au lieu de* 20000 ohms, *lire* 10000 ohms; dans la note au bas de la page, *au lieu de* amplificateurs photométriques, *lire* amplificateurs thermoioniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er DÉCEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Vice-Président pour l'année 1920.

M. **Georges Lemoine** réunit la majorité absolue des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux Membres des Commissions administratives.

MM. **Perrier** et **Appell** réunissent la majorité absolue des suffrages.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 24 novembre 1919, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de Sir **J. J. Thomson** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Dedekind*.

Il est donné lecture de ce décret.

CYTOLOGIE. — *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome.* Note (1) de M. **P.-A. Dangeard**.

On a confondu jusqu'ici sous le nom de *chondriome* et de *mitochondries* des formations cellulaires complètement différentes par leur origine, par

(1) Séance du 24 novembre 1919.

leur nature et par leur rôle (un premier essai de distinction a déjà paru) [1].

Ces formations peuvent être maintenant nettement caractérisées : ce sont le *vacuome*, le *plastidome* et le *sphérome :* pour les séparer, je prendrai comme matériel d'étude une jeune plantule d'orge.

1° Le vacuome. — Le vacuome est constitué par l'ensemble du système vacuolaire dont il y a lieu de suivre l'évolution.

Il suffit d'examiner directement sous le microscope une jeune racine imprégnée par une solution étendue de bleu de crésyl pour constater que le vacuome à tous ses stades se colore en bleu ou en rouge, à l'exclusion de tous les autres éléments cellulaires : c'est là une propriété importante du vacuome dont j'ai démontré ailleurs la généralité. L'emploi du vert Janus, souvent employé par les zoologistes comme colorant vital pour différencier les mitochondries de la cellule animale, donne les mêmes résultats et la coloration du vacuome est également rougeâtre.

Le vacuome s'organise dans les files de cellules qui proviennent des cellules initiales : il s'y présente sous la forme d'éléments sphériques plus ou moins nombreux de métachromatine (*fig.* 1, A) ; ces éléments, que l'on

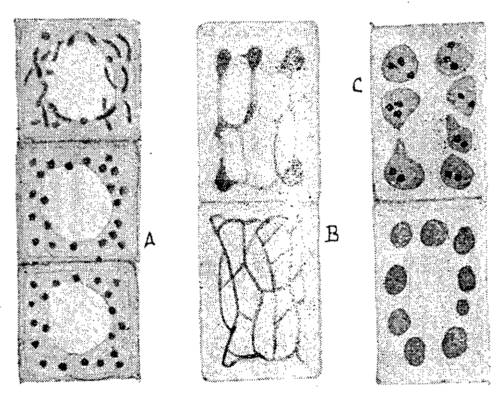


Fig. 1. — Racine d'orge. A, B, C, principaux stades de l'évolution du vacuome dans le point de végétation.

peut désigner sous le nom de *métachromes*, s'allongent en bâtonnets, s'étirent en filaments qui s'entre-croisent, se fusionnent et forment un réseau (*fig.* 1, B) ; sur ce réseau, il se produit çà et là des nœuds ou renflements qui, à leur tour, se réunissent en vacuoles de plus en plus grandes (*fig.* 1, C).

---

[1] P.-A. Dangeard, *Sur la nature du chondriome dans la cellule* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918).

Toute cette évolution se produit sur un espace assez restreint, à partir de la pointe de la racine jusqu'au niveau d'apparition des poils absorbants.

A un moment quelconque de cette évolution, il peut se produire, sous l'influence du colorant vital, des condensations de la métachromatine en corpuscules métachromatiques (*fig.* 1, C) : ceux-ci se dissolvent à nouveau si la solution du colorant devient plus faible ou est remplacée par de l'eau; la solution colloïdale de métachromatine, qui est d'ailleurs peu dense dans le cas considéré, redevient rapidement incolore.

L'emploi ménagé du colorant vital qui a servi à différencier le vacuome n'altère en rien la vitalité des cellules : une racine ainsi colorée dans ses vacuoles et ses métachromes continue à se développer normalement si elle est replacée dans l'eau.

2° Le plastidome. — Le *plastidome* est constitué, dans la cellule végétale, par l'ensemble de ses différents plastes, dont la plupart sont connus depuis longtemps.

Ceux qui occupent les points de végétation et les méristèmes possèdent des caractères particuliers qui les distinguent des plastes ordinaires auxquels ils donnent naissance en se différenciant; on les a confondus et réunis fréquemment dans ces dernières années sous le nom de *mitochondries*, de *chondriocontes* ou de *chondriomites*, avec des éléments de même forme appartenant soit au vacuome, soit au sphérome : je les désignerai ici sous le nom de *mitoplastes*.

Ces *mitoplastes* ont la forme de grains, de bâtonnets, de filaments droits ou flexueux (*fig.* 2, A); ces différences d'aspect n'ont aucune importance : on trouve, en effet, dans le point de végétation, sur des racines de même âge, tantôt presque uniquement des mitoplastes globuleux, tantôt des mitoplastes filamenteux, ou bien encore les deux variétés plus ou moins mélangées.

Les mitoplastes sont restés longtemps peu connus dans la cellule végétale; les recherches de Pensa, de Lewitsky, de Guillermond et de nombreux auteurs en ont fourni d'excellentes descriptions : ces travaux ont établi, d'autre part, le mode de différenciation de ces éléments en amyloplastes et en chloroplastes.

On se sert avec avantage de la méthode de Regaud au bichromate de potassium avec coloration à l'hématoxyline ferrique pour fixer et colorer les mitoplastes : ils prennent alors une teinte noire foncée.

En traitant une racine par l'iodure de potassium, on constate que ces

éléments prennent une teinte jaune exactement comme les amyloplastes qui se trouvent dans les cellules de la coiffe; mais, contrairement à ces derniers, les mitoplastes sont détruits, comme on le sait, par des solutions même faibles d'alcool ou d'acide acétique; la substance qui les imprègne à

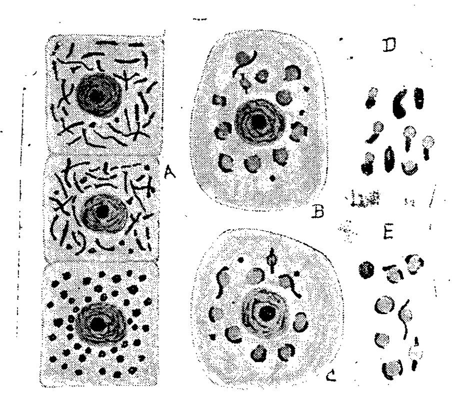


Fig. 2. — A, mitoplastes au sommet de la racine d'orge; D, leur transformation en leucoplastes; B, C, E, mitoplastes du sommet de la tige avec quelques aspects de leur différenciation en chloroplastes.

ce moment n'est donc ni de l'amidon ordinaire, ni de l'amylodextrine, mais plutôt une sorte d'amidon transitoire.

Ces mitoplastes sont abondants dans la région même de la racine où évolue le vacuome; plus haut, leur nombre diminue assez brusquement et ils prennent le caractère de leucoplastes ou d'amyloplastes, c'est-à-dire que, d'une part, ils deviennent résistants à l'action de l'alcool et de l'acide acétique et que, d'autre part, ils peuvent donner de l'amidon.

Dans le point de végétation de la tige et à l'intérieur des jeunes feuilles, existent également de nombreux mitoplastes; ils sont cependant moins abondants que dans la pointe de la racine. Tandis qu'un certain nombre conservent leur forme arrondie ou filamenteuse dans les cellules épidermiques et les cellules procambiales des nervures, la plupart se différencient en chloroplastes ordinaires donnant par la suite des grains d'amidon composés.

Le sphérome. — Le sphérome est constitué par l'ensemble des *microsomes* : ces microsomes sont de petites sphérules très réfringentes d'aspect oléagineux et qui noircissent plus ou moins par l'acide osmique; ils correspondent pour une part aux *bioblastes* d'Altmann; ils ont été englobés aussi parfois, dans le chondriome, sous le nom de *mitochondries*, et certains

auteurs y voient des granulations banales ou de simples gouttes de graisse.

Il était nécessaire d'établir leur existence générale dans les cellules végétales, de les séparer nettement des mitoplastes et des plastes ordinaires, de chercher à préciser leur rôle et leur fonction par comparaison avec les deux systèmes précédents.

L'existence des microsomes peut être constatée dans tous les organes de la plante et, lorsque le vacuome est déjà bien développé, on peut suivre facilement tous leurs mouvements le long des trabécules de cytoplasme; assez fréquemment, on arrive encore à les apercevoir sur des cellules plus jeunes dans lesquelles le mouvement ne s'est pas encore manifesté.

La distinction des microsomes et des plastes qui, sur le vivant, est d'ordinaire très facile, devient presque impossible avec la plupart des méthodes mitochondriales; aussi est-on fort embarrassé pour faire la part des microsomes et des mitoplastes dans la description des auteurs qui se sont occupés du chondriome.

Le procédé qui m'a servi avantageusement à séparer le plastidome du sphérome dans la racine d'orge est le suivant : alors que, dans la méthode

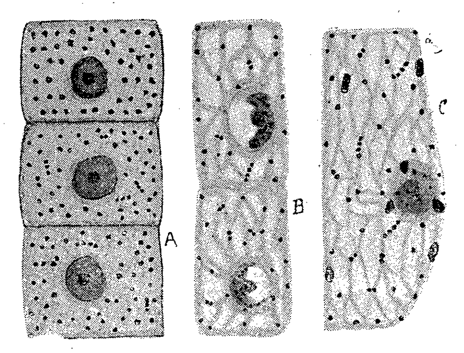


Fig. 3. — A, Microsomes dans des cellules jeunes. B, C, microsomes dans des cellules plus âgées.

Regaud, l'hématoxyline ferrique, après fixation au bichromate de potassium seul, colore les mitoplastes, la même coloration, après fixation au liquide Laguesse (1) qui détruit les mitoplastes, teint en noir les microsomes : ceux-ci se voient alors très nettement dans toutes les cellules, même les plus jeunes (*fig*. 3).

La présence des microsomes dans les cellules jeunes, l'augmentation

(1) Le fixateur Laguesse J contient OSO^4 à 2 pour 100 4^{cm^3}, CrO^3 à 1 pour 100 8^{cm^3}, plus une goutte d'acide acétique.

progressive de leur nombre avec le cloisonnement des méristèmes, l'existence de formes en courts bâtonnets semblent indiquer une multiplication par bipartition ; mais la petitesse de ces éléments est un obstacle sérieux à l'observation directe du phénomène. En admettant comme vraisemblable une multiplication par bipartition, il est nécessaire quand même de les séparer des plastes, avec lesquels ils n'ont aucune relation d'origine.

La fonction de ces éléments est aussi très différente : leur substratum de nature protéique s'imprègne de substances oléagineuses ; dans certains cas, leur volume augmente beaucoup et les microsomes sont transformés en gros globules de graisse ou d'huile, comme dans les mycéliums âgés.

Le cytoplasme, d'après la conclusion que Guillermond donne à ses recherches, apparaît comme une substance homogène renfermant en suspension des organites spéciaux, les *mitochondries* qui servent de centre d'élaboration à la plupart des produits de sécrétion de la cellule [1] : il aurait ressuscité, d'après ses propres expressions, les bioblastes d'Altmann.

A cette conception je substitue la suivante :

Le cytoplasme renferme trois formations différentes par leur origine et par leur rôle :

1° Le *vacuome* dont les *métachromes* et les *vacuoles* se colorent électivement par les colorants vitaux ; il renferme la métachromatine qui peut se condenser en corpuscules métachromatiques et grains d'aleurone, accumuler des lipoïdes et fournir l'anthocyane.

2° Le *plastidome* formé par diverses sortes de *plastes : mitoplastes*, *amyloplastes, chloroplastes* et *chromoplastes* dont la fonction est l'élaboration de l'amidon et celle des pigments chlorophylliens et carotinoïdes.

3° Le *sphérome* constitué par les *microsomes* souvent imprégnés de substances oléagineuses.

Cette distinction qui laisse de côté pour l'instant la question de la différenciation cytoplasmique pourra servir de base, je l'espère, à une meilleure compréhension du métabolisme cellulaire.

---

(1) Guillermond, *Sur la signification du chondriome* (*R. G de Bot.*, t. 30, 1918, p. 172).

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'étude océanographique de la Méditerranée.* Note de S. A. S. le **Prince de Monaco.**

J'ai l'honneur de faire connaître à l'Académie les principaux traits d'une association internationale des États méditerranéens qui vient de se constituer dans une Conférence réunie à Madrid, après les assemblées préparatoires tenues à Monaco et à Rome en 1910 et en 1914. Il s'agissait d'organiser l'étude océanographique de la Méditerranée.

Cette Conférence, convoquée pour le 17 novembre et à laquelle participèrent des délégations de la France, de l'Italie, de l'Espagne, de la Grèce, de la Principauté de Monaco, de l'Égypte et de la Tunisie, presque toutes munies de pleins pouvoirs donnés par leur Gouvernement respectif, a fondé une Commission de la Méditerranée dans les conditions suivantes, tandis que la Turquie offrait ses bons offices pour les travaux.

Un Bureau Central, dont le siège est à Monaco, comprend des secrétaires adjoints envoyés par des Commissions nationales, des délégués officiels et le Directeur des services hydrographiques de chaque État; un président et un secrétaire général élus par la Conférence qui se réunit tous les deux ans dans un lieu qu'elle désigne. La première Conférence vient de choisir pour son président le Prince de Monaco, et pour secrétaire général le Dr Richard, directeur du Musée océanographique de Monaco.

Cette organisation internationale des études de la Méditerranée précède de peu, nous l'espérons, une organisation semblable pour l'Océan Atlantique, et dès lors un horizon très vaste s'ouvrira aux applications pratiques telles que l'extension et la préservation des pêcheries qui fournissent des ressources considérables à l'alimentation humaine.

La Conférence de Madrid a eu quatre séances : les délégués de la France, de l'Italie, de l'Espagne et de Monaco annoncèrent que leur Gouvernement avait fait construire ou désigné des navires pour exécuter les travaux qui seraient convenus et dont le partage allait être fait entre les quatre pays ci-dessus nommés. La France et l'Italie vont travailler ensemble, en commençant dans le détroit des Dardanelles ; Monaco et l'Espagne, dans celui de Gibraltar. Les détails et les méthodes imposés à tous seront bientôt fixés par le Bureau Central, et les travaux en mer commenceront au printemps prochain. Toutes les résolutions de la Conférence ont été prises dans un accord unanime qui montre sa compétence pour créer un instrument digne de la Science moderne.

Sa Majesté le Roi Alphonse XIII, voulant donner à cet événement scientifique un caractère élevé, ouvrit en personne la Conférence, dans le Palais du Sénat, devant les Ministres, le Corps diplomatique et les principales autorités de la capitale. Des discours furent prononcés par le Roi, le Prince de Monaco, le Ministre de la Marine et le Directeur de l'Institut Océanographique de l'Espagne.

M. **Charles Moureu** présente en ces termes un travail sur *Lavoisier et ses continuateurs* :

Je me permets de présenter à l'Académie une étude intitulée *Lavoisier et ses continuateurs*. J'ai eu l'insigne honneur de traiter ce sujet en conférence à Strasbourg, le 21 novembre dernier, sous les auspices de l'Association française pour l'avancement des Sciences et sous la présidence de M. Lucien Poincaré, vice-recteur de l'Université de Paris, à l'occasion de l'inauguration solennelle de l'Université française réinstallée, inauguration dont cette conférence ouvrit la série des manifestations officielles.

« La Chimie est une Science française. Elle fut constituée par Lavoisier, d'immortelle mémoire. » En s'exprimant ainsi, en 1868, dans la célèbre préface de son *Dictionnaire de Chimie*, Adolphe Wurtz n'entendit aucunement prétendre, selon le reproche aussi absurbe que fameux qui souvent lui en a été fait, que la Chimie ne devait rien d'essentiel aux nations autres que la France. Chef responsable d'une grande École, obligé par cela même de voir les choses dans leur ensemble et de passer tous les travaux, d'où qu'ils vinssent, au crible de son esprit élevé et de sa puissante critique, il connaissait mieux que quiconque l'importance des découvertes des Priestley, des Scheele, des Cavendish, des Richter, des Davy, des Dalton, des Avogadro, des Berzélius, des Faraday, des Liebig, des Woëhler, des Bunsen, des Williamson, des Hofmann, des Kékulé, etc., auxquels s'ajouteraient aujourd'hui les Bœyer, les Cannizzaro, les Mendéléeff, les Fischer, les Van't'Hoff, les Perkin, les Crookes, les Ramsay, pour n'évoquer que quelques-uns des grands disparus. Dans les deux phrases précitées, qui, dans sa pensée, n'en faisaient qu'une, et dont la seconde explique la première en la complétant, Wurtz voulut simplement marquer et affirmer ce fait indéniable que la Chimie, en tant que Science, est d'origine française, de création française.

Y aurait-il, en effet, une Science chimique, si nous ignorions la loi de la conservation de la matière, l'existence de corps simples et de corps com-

posés; si nous ignorions ce qu'est la combustion, quelle est la fonction de l'oxygène; si nous ignorions la nature et la constitution de l'air, de l'eau, du gaz carbonique, des acides, des bases, des sels? Et l'on pourrait encore, débordant le cadre de la Chimie proprement dite, se demander s'il y aurait une Science de la Physiologie sans le rapprochement, d'une part, de la respiration et de la chaleur animale, et, d'autre part, des phénomènes de combustion.

Tels sont, en bref, les titres de Lavoisier à l'immortalité. Trouverait-on, dans le domaine entier de la Connaissance, œuvre plus fondamentale? Ce Français est un des plus grands novateurs dont s'enorgueillisse l'Humanité.

Il est superflu d'ajouter qu'à un demi-siècle de distance, tout rempli de progrès magnifiques, le jugement de Wurtz n'a rien perdu de sa force et de sa vérité. Que dis-je! le nom de Lavoisier grandit sans cesse à mesure que la Science évolue, tant étaient solides les fondations établies, en moins de quinze années, par ce grand génie. Ainsi resplendissent avec tout leur éclat, à travers les siècles, les Platon, les Bacon, les Léonard de Vinci, les Descartes, les Pascal, ces géants de la pensée.

Déjà, lors de l'apparition du grand ouvrage de Wurtz, qui présentait au monde, par l'organe des savants français, le premier inventaire général et complet des acquisitions réalisées dans l'ordre théorique et pratique, un domaine considérable avait été conquis par la Chimie, dont les richesses avaient centuplé depuis Lavoisier. Que dire aujourd'hui! La Chimie n'est pas seulement une Science dont nulle mémoire d'homme ne saurait embrasser toutes les notions accumulées; elle constitue actuellement, par l'étendue et la variété indéfinie de ses applications, un des rouages les plus essentiels de l'existence des individus et des collectivités. Faut-il s'en étonner? Les transformations de la matière, dont l'étude est le propre de la Chimie, ne sont-elles pas la vie elle-même, ne créent-elles pas l'énergie, ne sont-elles pas une des grandes sources de forces naturelles?

En ces temps si profondément troublés, qui marqueront dans l'histoire de l'Humanité le début d'une ère nouvelle, l'heure paraît opportune, pour ceux qui pensent, de jeter un coup d'œil, avant de se livrer à l'avenir, sur les longues distances parcourues dans tous les champs de l'activité. Faire, sur les routes de la Chimie, un voyage rapide, où l'on suit de haut la marche du progrès par l'étude sommaire des doctrines, tel est l'objet de ce travail.

Il est divisé en une série de Chapitres, qui correspondent sensiblement à l'ordre historique des découvertes, et qu'illustrent les groupes de titres

suivants : Les corps simples, les oxydes, les acides, les sels. — Les lois quantitatives. L'Hypothèse atomique. — Le Dualisme. Les radicaux. La loi des substitutions. La théorie unitaire. Fonction chimique et homologie. Les types. — L'Atomicité. Théorie de la valence. La structure moléculaire. L'Isomérie. — La Synthèse chimique. — La chaleur et l'affinité. La Mécanique chimique. — Les solutions. Les ions. — La loi périodique. Les éléments inertes. La Radioactivité.

Il y a là une admirable épopée scientifique, une œuvre splendide. Grâce au recul du temps, qui seul permet de remettre hommes et choses à leur vraie place, tout juge impartial reconnaîtra que les grands continuateurs de Lavoisier ont encore été, dans la plus large proportion, des Français. Les noms de Gay-Lussac, Berthollet, Proust, Vauquelin, Dulong, Thénard, Chevreul, Dumas, Laurent, Gerhardt, Wurtz, Cahours, Pasteur, Berthelot, Sainte-Claire Deville, Friedel, Raoult, Curie, Moissan, etc. (il n'est pas question ici des vivants) sont attachés aux lois générales de la Chimie, à ses principales doctrines et à ses phénomènes essentiels. Et la haute portée philosophique des travaux de l'École française s'impose avec la force de l'évidence.

Je n'ai naturellement pu, dans cette étude de 30 pages, qu'esquisser de loin les grandes lignes d'un sujet vaste entre tous, puisqu'il embrasse, en fait, toute la Chimie. Il en ressortira peut-être que cette Science, qui n'était, avant Lavoisier, qu'un recueil de recettes obscures, est devenue, en moins d'un siècle, dans la Société moderne, une véritable reine par sa puissance, par la grandeur et l'infinie variété de ses conquêtes. Peut-être les générations actuelles, en appliquant ses principes et ses procédés, oublient-elles trop souvent les grands hommes qui en furent les initiateurs. Le présent est, dans une large mesure, tributaire du passé, et il y a quelque chose, beaucoup même, de découvertes antérieures dans les découvertes contemporaines. Chacun de nous, en toute justice, n'est qu'un collaborateur posthume de ces esprits créateurs qui ont proclamé les lois et constitué la doctrine. Non seulement le nom de Lavoisier, mais encore ceux de Dalton, de Dumas, de Gerhardt, de Berthelot, pour nous limiter à quelques-uns des plus grands, devraient figurer en tête de toutes nos publications chimiques. S'ils voyaient aujourd'hui les fruits de leurs travaux, grandes, assurément, seraient leur satisfaction et leur fierté. Pourquoi faut-il ajouter, et avec quelle tristesse! que ces sentiments ne seraient pas sans mélange? Dans l'instrument de progrès forgé par leur génie, le tranchant est double. Et si sa part contributive dans l'amélioration de la condition des hommes

est considérable, on l'a aussi, hélas! par la plus folle et la plus criminelle des aberrations, détourné de son objet humanitaire pour des œuvres de barbarie et de cruauté. Tant il est vrai que le progrès matériel n'est qu'un des éléments de la Civilisation et que la Moralité doit en être le facteur dominant!

M. Charles Richet présente en ces termes son livre : *Abrégé d'histoire générale* (Hachette, 1919).

Dans ce livre d'histoire, j'ai cru devoir faire une place prépondérante à l'histoire des progrès scientifiques.

Ce que j'ai cherché à établir dans cet aperçu historique sommaire, c'est que le progrès humain dépend de la connaissance des choses. L'évolution des sociétés humaines est parallèle à l'évolution des sciences.

C'est donc dans la science que l'humanité, pour ne pas sombrer dans la détresse et le malheur, doit mettre tout son espoir.

La science est la grande libératrice, et c'est vers elle que, quelles que soient notre nation et notre race, grands ou petits, jeunes ou vieux, riches ou prolétaires, nous devons tous tourner nos regards.

Le Prince Bonaparte fait hommage à l'Académie du 8e fascicule de ses *Notes ptéridologiques*, qui est entièrement consacré à l'étude des fougères de l'Indochine. L'auteur y donne la description complète de toutes les espèces actuellement connues; ainsi que des Tableaux dichotomiques permettant de trouver facilement les espèces des quatre premières familles : Hyménophyllacées, Gleicheniacées, Schizeacées et Cyatheacées.

De l'examen des échantillons étudiés, il résulte que l'on trouve de nombreuses espèces de Malaisie dans l'Indochine du Sud, qui disparaissent peu à peu lorsque l'on va vers le Nord, où, au Tonkin, elles sont remplacées par des espèces de l'Himalaya oriental et de la Chine méridionale.

Le Prince Bonaparte fait également hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *En Alsace*.

ZOOLOGIE. — *La distribution en Afrique des Barbeaux du sous-genre* Labeobarbus. Note [1] de M. **G.-A. Boulenger.**

Dans une Note parue récemment [2], M. le Dr J. Pellegrin fait observer combien il est remarquable de rencontrer dans les eaux douces du Maroc toute une série de Barbeaux du type du *Barbus bynni* Forsk., c'est-à-dire à écailles à stries parallèles et à dernier rayon simple de la nageoire dorsale toujours sans dentelure, espèces qu'on peut grouper en un sous-genre sous le nom de *Labeobarbus* Rüpp. On en connaît aujourd'hui huit espèces au Maroc : *B. Reini* Gthr., *B. Harterti* Gthr., *B. Paytoni* Blgr., *B. Rothschildi* Gthr., *B. Riggenbachi* Gthr., *B. Fritschi* Gthr., *B. Waldoi* Blgr. et *B. atlanticus* Blgr.

Comme le reconnaît M. Pellegrin, on est surpris de trouver ces types éthiopiens dans la sous-région mauritanique; on a peine à s'expliquer la présence de ce groupe isolé sur l'Atlas, alors que les autres Barbeaux du Maroc, comme ceux d'Algérie et de Tunisie, se rattachent à leurs congénères d'Europe, dont notre *B. fluviatilis* est le type bien connu.

Ces *Labeobarbus* paraissent bien être venus du Sud; dans la classification que j'ai suivie [3], et dont j'ai exclu toute considération géographique, j'ai dû placer le premier cité entre des espèces d'Abyssinie et du Cameroun et les autres entre des espèces du sud de l'Afrique. On n'en connaît pourtant aucun représentant entre l'Atlas et le Niger, le Haut-Chari et le Nil, et encore ne peut-on citer qu'une seule espèce pour chacun de ces fleuves, espèces plus voisines entre elles que de celles du Maroc; ni le Sénégal, ni la Gambie, ni le Lac Tchad n'en possèdent [4].

Cette absence ou cette paucité de *Labeobarbus* dans les eaux que je viens de mentionner, me semble due à une incompatibilité d'existence avec les membres de la famille des Characinides, surtout les types franchement herbivores, qui y sont si largement représentés. Je ne suis pas à même d'en suggérer la raison, mais il importe de signaler le fait, qui mérite d'attirer l'attention.

---

(1) Séance du 24 novembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 809.

(3) *Catal. Afr. Fish.*, t. 2, 1911.

(4) J'ai souvent été frappé, en déballant d'énormes collections du Congo, du Sénégal, des rivières de la Guinée, de l'absence complète de Poissons de ce groupe.

Les *Labeobarbus* sont bien représentés dans l'Inde et la Malaisie, et l'on en connaît plusieurs espèces de la Mésopotamie et de la Syrie. En Afrique, le nombre des espèces s'élève déjà à 127. Je les considère comme originaires de l'Asie. La plupart sont cantonnés dans les régions de l'Est et du Sud. On pourrait en conclure que leur distribution est régie par le climat; mais cependant, alors qu'on n'en peut citer aucune espèce du fleuve même du Congo, si exceptionnellement riche en Poissons de presque tous les groupes, des collections faites dans ces dernières années ont montré qu'ils sont nombreux et variés dans les cours d'eau moins importants, tant au nord qu'au sud de l'embouchure du grand fleuve (Chiloango, Cabinda, Angola) associés, comme au Maroc, au genre *Varicorhinus*, également absent du Congo. On peut voir, par les listes que j'ai données (1), que ces eaux sont pauvres en Characinides et que les grandes espèces herbivores des genres *Distichodus* et *Citharinus*, si bien représentés dans tous les grands fleuves, font complètement défaut.

L'état des choses dans le bassin du Nil est très frappant. Je prie le lecteur de bien vouloir se reporter au Tableau systématique de la distribution des Poissons dans l'ouvrage *Fishes of the Nile*, publié en 1907, où (2) j'ai dressé 11 colonnes, dont les 4 premières et la 8e se rapportent aux espèces habitant le réseau à une altitude inférieure à 500m; il y constatera la multiplicité des Characinides opposée à la présence d'un seul *Labeobarbus* (*B. bynni*), alors que les colonnes 5, 6 et 9 à 13, consacrées aux lacs et cours d'eau au-dessus de 500m, restent en blanc, ou à peu près, en ce qui concerne les Characinides, tandis que les 5e et 6e renseignent respectivement 10 et 9 espèces de ces Barbeaux, qui sont aussi représentés par 2 espèces dans la 13e; à la 9e, il faut ajouter aujourd'hui 3 espèces qui n'y figuraient pas : *B. Radcliffi* Blgr., *B. Somereni* Blgr. et *B. Bayoni* Blgr.; en tout 22 espèces pour les eaux au-dessus de l'altitude de 500m, le total des espèces de Characinides n'étant que de 6 en 1907, de 7 aujourd'hui.

L'incompatibilité plus ou moins marquée entre les Characinides et les *Labeobarbus* et les *Varicorhinus* n'existe pas pour les *Labeo*, pourtant si proches de ceux-ci et comme eux de taille souvent considérable, car ils sont représentés par plusieurs espèces dans chacun des grands fleuves de la sous-région mégapotamique et par 5 espèces dans le bassin du Tchad (3).

(1) *Ann. and Mag. N. H.*, 8e série, t. 6, 1910, p. 537, et *Ann. Mus. Congo, Zool.*, 1re série, t. 2, fasc. 3, 1912.

(2) *Introduction*, p. 14 et 15.

(3) J. Pellegrin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 663.

Ils sont beaucoup plus régulièrement répartis sur toute l'Afrique, à l'exception toutefois de la sous-région mauritanique.

En traitant de l'origine de la faune ichthyique africaine (1), j'ai exprimé l'opinion que l'abondance des Characinides dans l'Amérique du Sud est la cause de l'absence du groupe moins ancien des Cyprinides de cette partie du monde, et que l'occupation des eaux de l'ouest et du centre de l'Afrique par les premiers, avant l'arrivée des seconds, explique la distribution de ces deux familles. Cette hypothèse s'applique bien au cas des *Labeobarbus*, dont les besoins d'existence ne semblent pas se concilier, sans qu'on puisse encore dire pourquoi, avec ceux des Characinides de même taille (2).

On peut se figurer les *Labeobarbus*, après s'être lancés dans toutes les directions dès leur arrivée en Afrique, avoir été tenus en échec par leurs précurseurs les grands Characinides, et refoulés en certains points peu favorables à la vie de ceux-ci; débarrassés de cette compétition, ils s'y seraient épanouis et diversifiés en une multitude de formes dont l'origine n'est probablement pas très lointaine, au point de vue géologique. Chacun de ces types primitifs, ayant eu la même tendance et la même potentialité à se modifier en certains sens déterminés, aurait produit des espèces secondaires qui se ressemblent au point de nécessiter, pour le rangement plus ou moins artificiel qu'en pareil cas nous sommes bien forcés d'adopter en taxinomie, des rapprochements de formes ayant pris naissance indépendamment en divers points de l'Afrique, parfois très éloignés les uns des autres.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres de chacune des divisions des sciences mathématiques, des sciences physiques et des Applications de la science à l'industrie qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la

---

(1) *Rep. Brit. Assoc.*, 1905, p. 417, 418.

(2) Il est à noter que, pour l'Afrique entière, le nombre des espèces de *Labeobarbus* est à peu près le même que celui de toute la famille des Characinides. De ceux-ci, le Congo, sans ses affluents, nourrit environ 50 espèces; le Nil, jusqu'à 500m d'altitude, 17, le bassin du Tchad 21, le Niger 18, le Senégal 12; l'ensemble des cours d'eau de la Guinée, entre la Gambie et le delta du Niger, 18.

Commission chargée de présenter une liste de candidats à l'une des places vacantes de la Division des *Applications de la science à l'industrie*.

MM. **Lippmann**, **Émile Picard**; **Haller**, **Le Chatelier**; **Rateau**, **Charpy** réunissent la majorité absolue des suffrages.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, en remplacement de M. A. Gautier.

M. **G. Lemoine** réunit la majorité absolue des suffrages.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la chaire de *Chimie appliquée aux corps organiques*, déclarée vacante au Muséum national d'Histoire naturelle par arrêté en date du 31 juillet 1919.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 38,

M. L.-J. Simon obtient . . . . 37 suffrages
M. Hasenfratz » . . . . 1 suffrage

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 32,

M. Hasenfratz obtient. . . . . 29 suffrages

Il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **L.-J. Simon**
En seconde ligne. . . . . M. **Hasenfratz**

CORRESPONDANCE.

Sir J. J. Thomson, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de *Physiologie générale et comparée*, vacante au Muséum national d'Histoire naturelle.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Manuel pratique de Météorologie*, par J. Rouch.

2° *Traité des effets des explosifs*, par M. Gossot et M. R. Liouville. (Présenté par M. Vieille.)

(Renvoi à la Commission des Prix de Mécanique.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet pour un domaine infini.* Note [1] de M. Georges Bouligand.

J'ai établi antérieurement qu'étant donné un domaine infini, limité par une frontière φ, en supposant que le rapport de la somme des aires qu'il découpe sur une sphère (dont le centre est dans D), à l'aire totale de cette sphère, reste, lorsque son rayon croît indéfiniment, inférieur à un nombre constant $K < 1$, *toute fonction harmonique et bornée dans* D, *ne peut s'annuler sur* φ *sans s'annuler en tout point de* D.

Pour de tels domaines, il ne peut donc exister plus d'une fonction harmonique et bornée à l'intérieur, prenant sur la frontière une succession continue et bornée de valeurs données. La recherche d'une telle fonction constitue le problème de Dirichlet pour le domaine D. La solution de ce problème existe-t-elle effectivement? Nous allons voir qu'il en est bien

[1] Séance du 6 octobre 1919.

ainsi, si la frontière φ de D admet en chaque point à distance finie un plan tangent variant continûment.

Remarquons d'abord que l'on peut définir pour D une fonction de Green G(A, M), en considérant ce domaine comme la limite d'une suite de domaines finis, comprenant chacun les points intérieurs aux précédents. Les fonctions de Green de ces domaines forment alors une suite croissante dont les termes sont inférieurs à $\frac{1}{AM}$. On démontre que la fonction limite de cette suite possède les propriétés caractéristiques qui permettent de la considérer comme la fonction de Green du domaine D, et qu'elle admet en chaque point P de sa frontière une dérivée normale, qui est telle que l'intégrale

$$F(A) = \int\int \frac{dG}{dn_P}(A, P)\, dS_P$$

étendue à toute la frontière ait un sens, et soit au plus égale à 4π, quel que soit A. Pour trouver la valeur de cette intégrale, observons que si l'on découpe dans la frontière φ une plaque de dimensions finies, et si l'on prend un domaine fini (d), dont la frontière possède en commun avec celle de D la plaque précédente, on peut écrire, lorsque A et M sont deux points voisins d'une région de φ intérieure à la plaque

$$G(A, M) = g(A, M) + H(A, M),$$

en désignant par g la fonction de Green du domaine (d) et par H une fonction holomorphe pour toutes les positions de A et M dans un certain volume traversé par la plaque. Supposons alors que le point A tende vers un point B de la frontière φ. Autour de B comme centre, avec un rayon infiniment petit, décrivons une sphère qui découpe dans φ une plaque σ. L'intégrale qui donne F(A) peut être partagée en deux portions :

1° L'une relative à $\varphi - \sigma$, qui tend vers zéro avec la distance AB;

2° L'autre relative à σ, qui peut être évaluée en remplaçant G par $g + H$, et en remarquant que la contribution du terme $\frac{dH}{dn}$ est infiniment petite : celle du terme $\frac{dg}{dn}$ tend vers 4π.

Ainsi F(A) est une fonction harmonique du point A dans le domaine D, prenant la valeur 4π sur sa frontière, et satisfaisant à l'intérieur aux inégalités

$$0 < F(A) < 4\pi.$$

En vertu de l'hypothèse d'existence du nombre K, nous pouvons donc

affirmer que l'on a

$$F(A) = 4\pi.$$

Dès lors, soit $\psi(B)$ une distribution continue et bornée de valeurs sur φ. Formons l'intégrale

$$\frac{1}{4\pi}\int\int_{\varphi} \psi(P) \frac{dG}{dn_P}(A, P)\, dS_P.$$

Elle diffère de $\psi(B)$ d'une quantité qui s'obtient en remplaçant dans l'intégrale ci-dessus la fonction $\psi(P)$ par $\psi(P) - \psi(B)$. Par un raisonnement du même genre que celui qui précède, on établit que cette quantité tend vers zéro lorsque A tend vers B.

Ainsi, pour tout domaine D répondant à la condition d'existence du nombre K, le problème de Dirichlet relatif à l'équation de Laplace admet une solution et une seule, si du moins nous n'envisageons que les solutions bornées, prenant sur la frontière une succession de valeurs, également bornée.

Par une généralisation facile, on établit qu'il en est de même, si l'on substitue à l'équation de Laplace la suivante :

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z_2} = \omega^2 U,$$

et alors, l'hypothèse de l'existence du nombre K devient superflue. Le problème de Dirichlet, au sens précédent, a toujours une solution et une seule.

Remarquons enfin que l'hypothèse qu'un domaine D se prête à l'existence de fonctions harmoniques autres que zéro, bornées à son intérieur et nulles sur sa frontière, ne s'oppose pas à celle d'une fonction de Green pour ce domaine. Celle-ci s'obtient par la méthode générale qui consiste à considérer D comme la limite d'une suite de domaines finis. On pourra l'appliquer par exemple au domaine extérieur à une des surfaces équipotentielles de la fonction :

$$W = \int^{\infty} \frac{\rho_M}{MA}\, d\xi,$$

envisagée dans la Note précédente. Le problème de Dirichlet, pour un tel domaine, présente une profonde analogie avec le problème de Dirichlet extérieur ordinaire (c'est-à-dire relatif au domaine situé en dehors d'une ou de plusieurs surfaces fermées, tout entières à distance finie). Entendu au sens qui précède, il est indéterminé; mais il serait en général impossible, si l'on imposait à sa solution de tendre vers zéro aux points infiniment

éloignés de sa frontière. Dans l'exemple actuel, la fonction F(A) prend bien encore, à la frontière, la valeur 4π, mais elle tend vers zéro quand A s'éloigne indéfiniment de la frontière : il en résulte aisément qu'à l'intérieur du domaine, elle est proportionnelle à W. Formons l'intégrale

$$\int\int_{\varphi} \frac{dW}{dn_{\mathrm{P}}} \psi(\mathrm{P})\, d\mathrm{S}_{\mathrm{P}}.$$

Si elle n'est pas nulle, il n'existe pas de fonction harmonique et finie dans D, prenant sur φ les valeurs $\psi(\mathrm{P})$ et s'annulant aux points infiniment éloignés de la frontière.

AÉRONAUTIQUE. — *Lois expérimentales des variations de la pression barométrique et du poids spécifique de l'air avec l'altitude.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Ch. Lallemand.

La loi de variation de la pression barométrique avec l'altitude intéresse la technique de l'Aviation, notamment pour le calcul des vitesses ascensionnelles. La loi de variation du poids spécifique de l'air a un intérêt encore plus grand, car le fonctionnement de l'hélice et l'alimentation du moteur en dépendent.

Or, aux altitudes de l'ordre de 10000^{m}, les diverses formules barométriques en usage présentent des écarts considérables. Il importe donc de les réviser et de chercher à serrer la réalité d'aussi près que possible par une analyse méthodique des sondages effectués dans la haute atmosphère au cours de ces dernières années. C'est ce travail que j'ai entrepris en dépouillant 40 séries d'observations par ballons-sondes, exécutées au cours du premier semestre 1912, et relatées dans les Bulletins de la Commission internationale pour l'Aérostation scientifique; il convient de noter que ces sondages ont été faits en des lieux très divers : Trappes, Uccle, Strasbourg, Hambourg, Munich, Pavie et Vienne.

J'ai d'abord rapporté aux altitudes rondes 1, 2, 3, ..., 27^{km} les pressions observées, dans chaque série, et déterminé, par extrapolation, la pression à l'altitude 0. Afin de rendre les résultats encore plus comparables, je les ai transposés dans un même système, celui où la pression à l'altitude 0 serait 760^{mm}. Puis j'ai pris les moyennes P des pressions relatives à la même altitude : les différences $\Delta\mathrm{P}$ donnent, jusqu'à 17000^{m}, une courbe d'une remarquable régularité; au delà, les observations sont en nombre trop faible

pour que les moyennes aient une signification; ce qu'accuse la répartition moins régulière des points figuratifs.

J'ai été ainsi conduit à représenter l'altitude z par la formule

$$z = 5(3064 + 1,73\,P - 0,0011\,P^2)\log\frac{760}{P}$$

qui reproduit, d'une façon pour ainsi dire parfaite, les pressions moyennes P entre 2000^m et 17000^m : en effet, *le plus grand écart relatif est inférieur à 3 pour mille.*

Cette formule bloque l'influence des diverses fonctions de z, et par suite de P : température, tension de la vapeur d'eau, intensité de la pesanteur, etc. Elle définit une atmosphère hypothétique qui donnerait les résultats moyens obtenus dans les atmosphères réelles où la pression au niveau de la mer serait 760^{mm}; pour employer le langage du jour, elle définit *l'atmosphère standard.*

Au delà de 17000^m, la formule cadre encore, jusqu'à 23000^m au moins, avec les moyennes des quelques observations relatives aux très grandes altitudes. Au surplus, la précision des observations diminue alors très rapidement, alors qu'il faudrait que les pressions fussent évaluées au dixième de millimètre pour contrôler ou infirmer la formule.

Dans les calculs techniques, la pression intervient par le rapport $\mu = \frac{P}{760}$; en le mettant en évidence, j'obtiens, en chiffres arrondis,

$$z = -5(3064 + 1315\,\mu - 635\,\mu^2)\log\mu.$$

D'autre part, la masse d'air étant supposée en équilibre, on a

$$dP = -a\,dz,$$

a étant le poids spécifique de l'air à l'altitude z. En formant $\frac{dz}{d\mu}$ et en posant $\lambda = \frac{a}{a_0}$, j'en déduis

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{3744}{3064 + 1315\,\mu - 635\,\mu^2 + (3028 - 2924\,\mu)\,\mu\log\mu}.$$

Cette formule donne le poids spécifique de l'air $a = \lambda a_0$ dans l'atmosphère standard. J'en ai dressé la table suivante :

μ	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$\frac{\lambda}{\mu}$	1	1,0073	1,0240	1,0496	1,0821	1,1253
μ	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0
$\frac{\lambda}{\mu}$	1,1728	1,2220	1,2651	1,2841 (max)	1,2732	1,2220

Ainsi, λ diminue moins rapidement que μ, circonstance moins défavorable pour l'alimentation des moteurs que celle résultant de la relation inexacte $\lambda = \mu$. Si l'on avait besoin, dans les calculs, de recourir à une formule, on pourrait prendre

$$\lambda = 0,4(3,6 - 2,1\mu + \mu^2)\mu$$

qui donne une assez bonne approximation jusqu'à 10000m, limite actuellement suffisante pour les applications.

A partir de l'altitude où la vapeur d'eau est en proportion minime, l'unité de masse de l'atmosphère standard doit obéir sensiblement à la loi $\frac{VP}{1+\alpha t} = \text{const.}$, d'où, approximativement,

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{1+\alpha t_0}{1+\alpha t} = 1 - \alpha(t - t_0).$$

La courbe $\frac{\lambda}{\mu}$ en fonction de z devrait donc être sensiblement superposable à la courbe des températures dessinée par M. le professeur Gamba, d'après les sondages effectués en divers pays : il est facile de constater qu'elle a la même allure. De 0m jusque vers 11000m, ces courbes sont à peu près rectilignes, avec une légère inflexion; au delà, elles passent par un maximum et ont une asymptote horizontale un peu au-dessous. On peut donc dire que, *grosso modo*, $\frac{\lambda}{\mu}$ et $-t$ croissent proportionnellement à z jusque vers 11000m ou 12000m, puis conservent une valeur sensiblement constante : ce ne sont là que des règles mnémoniques, donnant une physionomie d'ensemble des phénomènes, mais insuffisantes pour une technique tant soit peu serrée.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète périodique Finlay* (1919 *e*) *faite à l'Observatoire de Bordeaux* (*Équatorial de* 0m, 38). Note de M. **H. Godard**, présentée par M. B. Baillaud.

Date. 1919.	☄ — ★. Δα.	ΔP.	Nombre de comp.
Novembre 25.......	+1m 0s,41	−2′ 54″,7	20 : 5

Position apparente de la comète.

Date. 1919.	Temps moyen de Bordeaux.	Æ apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
Novembre 25..	9.20.47	0h35m28s,73	$\bar{1}$,041	84°56′26″,7	0,754n

Position moyenne de l'étoile de comparaison.

Gr.	Æ 1919,0.	Réduction au jour.	℘ 1919,0.	Réduction au jour.	Autorité.
8,8...	$0^h.34^m.23^s,95$	$+4^s,37$	$84°.59'.48'',8$	$+27'',3$	A.G. Albany, 140

ASTRONOMIE. — *Sur le cycle des éclipses.* Note de M. **Auric**.

On sait que le temps qui s'écoule entre deux éclipses de Lune (ou de Soleil) doit être, à la fois, un multiple de la lunaison ($l = 29^j,530588...$, intervalle compris entre deux phases de même nom) et de la révolution draconitique ($d = 27^j,21222...$, intervalle compris entre deux passages de la lune à son nœud ascendant).

Pour trouver aisément ces multiples communs, le moyen le plus simple consiste à réduire en fractions continues le rapport $\frac{l}{d}$; on obtient ainsi les réduites suivantes :

$$\frac{12}{11},\quad \frac{13}{12},\quad \frac{38}{35},\quad \frac{51}{47},\quad \frac{242}{223},\quad \frac{777}{716},\quad \frac{4127}{3803},\quad \frac{4904}{4519},\quad \ldots.$$

Le rapport $\frac{242}{223}$ correspond à la période de 18 ans 11 jours, déjà connue des Chaldéens sous le nom de Saros; elle comprend 242 mois draconitiques, soit $6585^j,357$ et 223 lunaisons, soit $6585^j,321$.

L'erreur est seulement de $0^j,036$ en 18 ans; mais les fractions suivantes donnent naturellement des erreurs encore plus faibles.

On trouve en effet

716 lunaisons..................	$21143^j,9010$
777 mois draconitiques...........	$21143^j,8949$

Pour cette période de $57^{ans},88$, l'erreur est de 0,006 : soit six fois plus faible qu'avec le Saros.

La période suivante donne

4127 mois draconitiques.........	$112304^j,8319$
3803 lunaisons..................	$112304^j,8261$

L'erreur est de $0^j,005$ en $307^{ans},5$ environ.

Enfin la dernière période donne

4904 mois draconitiques.........	$133448^j,7268$
4519 lunaisons.................	$133448^j,7271$

soit une erreur de $0^j,0003$ en $365^{ans},4$.

En raison de la petitesse de cette erreur, on pourrait utiliser cette période pour prédire ou vérifier les dates des éclipses durant plusieurs milliers d'années.

PHYSIQUE. — *La comparaison directe des deux mécaniques simultanées de la radiation. Méthode de révélation de la translation de la Terre* [1] Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. Lippmann.

La comparaison de la vitesse anisotrope $V(u, \alpha)$ des ondes dans un champ de Radiation Su, en translation d'ensemble de vitesse u, avec la vitesse isotrope et constante C de l'énergie, caractérise l'état des Champs de la nouvelle théorie où se trouvent *liées deux mécaniques*, jusqu'alors regardées comme contradictoires; c'est l'opposition de ces deux mécaniques simultanées, celle de *l'émission* newtonienne de l'énergie totale et celle de *l'ondulation* de l'éther qui va nous guider dans la recherche jusqu'ici regardée comme inabordable de la vitesse u de la translation de la Terre dans un système de référence universel Σ_0. Nous avons défini Σ_0 par l'état des champs S_o dits immobiles : la différence $C - V$ ou v' des deux vitesses dans S_o est supposée s'annuler, l'état de l'éther étant considéré dans ce cas singulier seulement comme isotrope, sans dispersion et semblable, par exception, à l'éther immobile de Lorentz.

Dans un champ Su en translation, la vitesse v' est la fonction

$$\frac{u}{f}\left(\cos\alpha + \frac{u}{2c}\right)$$

de la vitesse u de Su, celle de la Terre, par exemple, dans Σ_0. La valeur de v' se réduit à v ou $u\cos\alpha$ vitesse radiale de Su ou de la Terre, dans les calculs approchés.

Soit E ou $\frac{a}{R}\cos\frac{2\pi}{\mu}(Vt - R - A)$ un vecteur vibratoire sinusoïdal propagé suivant la direction α à une distance R de la source radiante élémentaire. Nous pouvons écrire, en décomposant, $\frac{V}{\mu}$ étant $\left(\frac{C}{\mu} - \frac{v'}{\mu}\right)$ ou sensiblement $\left(\frac{C}{\mu} - \frac{v}{\lambda}\right)$:

$$(1)\qquad E = \frac{a}{R}\cos\frac{2\pi}{\mu}(Ct - R - A)\cos\frac{2\pi}{\lambda}vt - \frac{a}{R}\sin\frac{2\pi}{\mu}(Ct - R - A)\sin\frac{2\pi}{\lambda}vt.$$

A partir de zéro, faisons croître le temps t de périodes Θ égales à $\frac{\lambda}{v}$ qui

[1] Cf. *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 469, 529, 643 et 783.

correspondent à la reproduction de RE sous la forme $a \cos \frac{2\pi}{\mu}(Ct - B - A)$, pendant que les divers tronçons liés du train transportent l'énergie avec la même vitesse C que les ondes à des distances R_1 multiples entiers d'une *longueur d'accès* R_1 égale à $C\Theta$ ou $\lambda \frac{C}{v}$, par exemple 5000λ si la vitesse radiale v est de 60 km : sec.

Aux distances intermédiaires $\frac{1}{2}R_1$, $\frac{3}{2}R_1$, $\frac{5}{2}R_1$, ... l'ondulation RE a la forme inversée $-a \cos \frac{2\pi}{\mu}(Ct - R - A)$.

Si nous considérons maintenant un train de radiation limité, nous pouvons, avec Gouy, Lord Rayleigh, A. Schuster, le représenter par une superposition de termes du type $E\,dK\,dA$ où K *est* $\frac{1}{\mu}$, et comparer le problème de la déformation progressive des ondes intérieures ainsi réalisées dans le champ S_u avec celui de la propagation classique dans un milieu matériel dont la dispersion optique rend la vitesse V fonction générale de la fréquence de la source. En particulier, la fonction linéaire $a + b\lambda$, proposée par Gouy pour représenter la loi de dispersion d'un milieu où la vitesse de propagation de l'énergie est une constante C, a été illustrée par des exemples où l'analyse permet le calcul complet des variations de la forme ondulatoire intérieure d'une certaine pulsation initiale ([1]).

Dans le problème de la translation d'un champ de radiation, la double mécanique de la radiation écarte toute dispersion générale et amène à considérer le vecteur du type E comme fondamental. Nous isolerons dans la superposition des vibrations les facteurs à *phase lente* $\cos \frac{2\pi}{\lambda_m} vt$ et $\sin \frac{2\pi}{\lambda_m} vt$, où λ sera remplacé par λ_m, valeur principale de λ. Nous nous bornerons alors, pour les applications, à considérer le cas pratiquement intéressant où les divers λ des divers éléments E couvrent un intervalle $\frac{\delta\lambda}{\lambda_m}$ qui ne s'opposerait pas à la netteté des franges d'interférences que pourraient produire les radiations extrêmes λ et $\lambda + \delta\lambda$, au moins pour les premières franges. Alors, dans le problème actuel, les premiers intervalles d'accès définis par R_1, $2R_1$, $3R_1$ seront suffisamment bien définis avec la reproduction de chacun des éléments $E\,dK\,dA$ et par conséquent du train limité qui résulte de la superposition de tous les éléments. L'intervalle $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ n'en sera pas moins suffisant pour que les éléments prédominants dans l'énergie totale du train

([1]) A. Schuster, *Livre jubilaire de Boltzmann*, 1904, p. 569-575).

soient contenus dans cet intervalle $\delta\lambda$ du spectre idéal de l'ébranlement réel, même si cet ébranlement est une oscillation très amortie. Les deux intégrales de Fourier correspondant aux superpositions des facteurs en $(Ct - R - A)$ étant supposées calculées seront de la forme $\varphi(Ct - R)$ et $-\psi(Ct - R)$; la première représentera la valeur RE_0 qui serait réalisée isotropement dans les champs S_0 en repos dans l'éther aux distances R_1, $2R_1$, $3R_1$; la même, changée de signe, représentera le train ondulatoire renversé aux distances $\frac{1}{2}R_1$, $\frac{3}{2}R_1$, ..., et

$$\varphi(Ct - R)\cos\frac{2\pi}{\lambda_m}vt - \psi(Ct - R)\sin\frac{2\pi}{\lambda_m}vt \tag{2}$$

représentera la forme complète de l'ébranlement à la distance R dans la direction considérée où la vitesse idéale est v ou $u\cos\alpha$.

Les zones de reproduction ondulatoire du train sont des bandes linéaires perpendiculaires à la projection de u sur le plan d'exploration (plan horizontal, par exemple le sol ou la mer) et leur plus courte distance est la valeur minimum $\lambda\frac{C}{u}$ de R_1 quand la vitesse u est dans le plan considéré.

Principes des méthodes expérimentales. — Si l'analogie supposée par la théorie électromagnétique est assez profonde entre la lumière et les ondes électriques, la T. S. F. et la propagation le long des fils métalliques d'un signal amorti doivent permettre, dans l'état actuel des techniques, de révéler les variations de forme ondulatoire; en particulier, l'observation du changement de signe du train ondulatoire rentre dans la puissance des techniques, grâce aux récepteurs redresseurs d'onde ou dissymétriques : les cohéreurs, les aiguilles aimantées de Rutherford, dont on étudie la désaimantation par l'influence du courant du train d'onde dans une bobine entourant le paquet d'aiguilles aimantées. La résonance d'une antenne est elle-même susceptible de varier avec la forme d'un signal ondulatoire très amorti; notamment aux distances $\frac{1}{4}R_1$, $\frac{3}{4}R_1$, ...

La recherche expérimentale d'un effet ondulatoire de la translation de la Terre est donc redevenue un problème actuel, et il est remarquable qu'elle mette en discussion simultanément la mécanique classique et la théorie électromagnétique de la lumière.

ÉLECTRICITÉ. — *Couches de métal, d'épaisseur minima, mesurées par leur force électromotrice.* Note de M. **Stéphan Procopiu**, présentée par M. Lippmann.

On a cherché à partir de quelle épaisseur la force électromotrice du platine, recouvert d'un dépôt électrolytique mince, devient invariable et l'on a trouvé une épaisseur minima de $0^{\mu\mu},7$ pour le cuivre et $2^{\mu\mu},5$ pour le zinc (1).

Je me suis proposé de chercher l'influence du métal, qu'on recouvre du dépôt zinc ou cuivre, sur l'épaisseur minima. L'une des électrodes est C, Pt, Ag, Al, Fe, Ni; l'autre est Zn et la solution SO^4Zn. Une telle cellule galvanique possède une force électromotrice.

Quand on dépose une couche de zinc sur le métal positif, on constate que la force électromotrice diminue rapidement d'abord et puis la variation se continue lentement. Si l'on supprime le courant, on constate que la couche déposée se dissout et la force électromotrice augmente lentement d'abord, puis brusquement à un certain moment, comme si la couche se fondait comme on le voit par l'exemple suivant :

Élément galvanique Pt, SO^4Zn, Zn.
Couche de zinc déposée $3^{\mu\mu},5$ (de la loi de Faraday).

	Temps (en minutes) après la suppression du courant.							
	0.	1,5.	2.	4.	6.	7.	8.	9.
F. é. m. Pt—Zn (volt)..	—0,011	—0,004	0	0,012	0,040	0,140	0,85	1,02

Il y a donc, dans ce cas, dans la variation de la force électromotrice Pt (recouvert) — Zn, un coude vers $6^m,5$.

J'ai déposé des couches plus épaisses que la couche minima, que j'ai laissé se dissoudre. Ayant porté en abscisse l'épaisseur de la couche déposée et en ordonnée les temps en minutes jusqu'au coude de la variation brusque de la force électromotrice, je trouve une ligne droite, qui coupe l'axe des épaisseurs dans un point, *lequel représente l'épaisseur minima qui doit être déposée électrolytiquement pour que la variation de la force électromotrice commence dès que la couche est déposée.*

Si l'on considère la variation brusque comme représentant le moment où la première couche de molécules va se dissoudre, l'épaisseur minima sera la valeur de la première couche de molécules et la force électromotrice à ce moment ne sera pas nulle, parce que les molécules sous-jacentes peuvent agir encore; ce que l'on constate d'ailleurs pour la force électromotrice du

(1) A. Oberbeck, *Journal de Physique*, 1888, p. 582. Voir aussi Ch. Maurain, *Les états physiques de la matière*, p. 210-230.

zinc au moment du coude sur :

Al 0,026; Pt 0,030; Fe 0,020; Ag 0,015; C 0,060; et Ni 0,022 volt.

Pour l'épaisseur minima du zinc déposé, on a trouvé des valeurs différentes. Ces valeurs différentes pourraient être expliquées par la dissolution de la couche pendant le dépôt et par la diffusion de la couche à l'intérieur de l'électrode ou par sa transformation (alliage). S'il y avait dissolution seulement, les droites, épaisseur-temps jusqu'au coude de la force électromotrice, seraient également inclinées, parallèles. En réalité, ces droites sont d'autant plus inclinées que l'épaisseur minima est plus grande. Si l'on désigne par α l'angle de la droite avec l'axe des épaisseurs, on a :

	Métal sur lequel on a déposé le zinc.					
	Al.	Pt.	Fe.	Ag.	C.	Ni.
tang α	0,13	0,24	0,3	0,4	0,7	1,1
Épaisseur minima de la couche de zinc	$0^{\mu\mu},3$	$0^{\mu\mu},8$	$1^{\mu\mu},6$	$2^{\mu\mu},8$	$4^{\mu\mu},2$	$4^{\mu\mu},8$

Les inclinaisons des droites et les valeurs différentes de l'épaisseur minima peuvent provenir de ce que le zinc déposé pénètre par diffusion à l'intérieur de l'électrode et l'épaisseur minima trouvée est plus grande que la première couche de molécules. Et comme la diffusion dans l'électrode se fait continuellement, on aura une inclinaison de la droite d'autant plus grande que la diffusion est plus grande; alors les inclinaisons et les valeurs de l'épaisseur minima seront proportionnelles. L'épaisseur de la première couche de molécules de zinc sera moindre que $0^{\mu\mu},3$, valeur minima dans le cas de l'aluminium.

La diffusion dans l'électrode dépend de celle-ci; alors le rapport des épaisseurs minima du zinc sur différents métaux sera le même que celui du cuivre sur les mêmes métaux. Nous avons trouvé pour le cuivre déposé sur le platine $0^{\mu\mu},25$, sur l'argent $0^{\mu\mu},8$ et sur le cuivre $1^{\mu\mu},2$. Les rapports $\frac{Ag}{Pt}$ et $\frac{C}{Pt}$ sont, à peu près, 3 et 5 pour le cuivre et pour le zinc.

PHYSIQUE. — *Sur la cinématographie ultrarapide.* Note de MM. **H. Abraham**, **E. Bloch** et **L. Bloch**, présentée par M. Villard.

Dans l'étude de certains mouvements très rapides, et, en particulier, dans certains problèmes de balistique, l'analyse des phénomènes ne peut être abordée que par la méthode cinématographique. Mais celle-ci exige alors

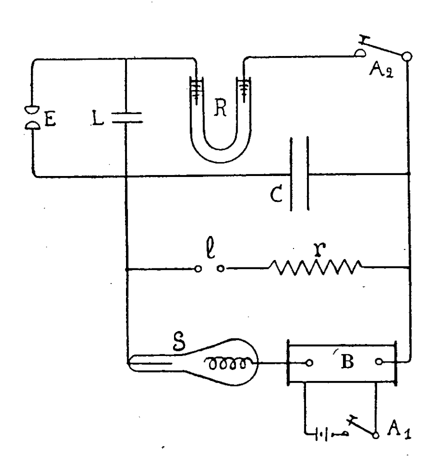
une extrême rapidité, atteignant, par exemple : *vingt mille ou même cinquante mille photographies par seconde*. La présente Note a pour objet d'indiquer un mode opératoire qui a permis de répondre à ces besoins.

D'importants travaux avaient déjà été faits dans cette voie. Nous nous bornerons à citer ceux de M. Bull, auxquels se rattache notre étude. M. Bull avait fait à l'Institut Marey des cinématographies à la vitesse de 3000 photographies par seconde. Il opérait avec objectif découvert et film mobile sans arrêt, en éclairant l'objet par une série d'étincelles provenant de la décharge condensée d'une bobine de Ruhmkorff : c'est l'artifice déjà utilisé par Boys pour la photographie instantanée des projectiles.

Le dispositif que nous avons mis en œuvre l'an dernier permet d'élever beaucoup la fréquence. Le principe consiste à charger jusque vers 5000 volts une petite bouteille de Leyde qui se décharge aussitôt dans un éclateur pour se charger à nouveau aux dépens d'une source d'électricité à haute tension (12000 à 15000 volts). On assure la régularité des décharges en soufflant énergiquement les étincelles, ce qui a pour effet d'empêcher l'étincelle disruptive de passer à l'arc.

A défaut d'une machine à courants continus ou d'une batterie d'accumulateurs, on emploiera comme source à haute tension un fort condensateur préalablement chargé et formant réservoir d'énergie (¹).

Le gros condensateur C, isolé pour 20000 volts, a une capacité de l'ordre



du demi-microfarad. On le charge vers 12000 ou 15000 volts au moyen d'un transformateur ou d'une bobine de Ruhmkorff B, munie d'une valve

(¹) On peut aussi se servir du circuit secondaire d'un transformateur, dans lequel on établit brusquement la tension primaire.

thermo-ionique ou d'une soupape de Villard S. Le condensateur C est protégé par un éclateur limiteur de tension l, pourvu d'une résistance en série r. Un électromètre (non représenté) est également placé en dérivation et permet de suivre le voltage de charge.

La capacité C est suffisante pour alimenter un grand nombre de fois la bouteille de Leyde L sans que son propre potentiel baisse sensiblement. Pour éviter, pendant la prise de vues, toute perturbation provenant de la bobine B, il convient de couper le primaire de celle-ci avec un interrupteur A_1, qui s'ouvre automatiquement au moment de l'opération photographique. Au même instant, on ferme brusquement l'interrupteur A_2 placé dans le circuit de décharge. D'ailleurs, comme la provision d'énergie de C est limitée, il est bon de prévoir un troisième interrupteur (non figuré), qui coupe le circuit de décharge au moment opportun, par exemple après 100 ou 200 photographies.

La petite bouteille de Leyde L, d'une capacité inférieure au millième de microfarad, est chargée à travers une résistance liquide réglable R. C'est celle-ci qui détermine la valeur du courant moyen débité par les décharges intermittentes, et fixe ainsi la fréquence des étincelles.

Le circuit de décharge EL, est très court, afin qu'on ait des étincelles très brèves. Ces étincelles, extrêmement photogéniques, servent à éclairer l'objet mobile; et comme les durées d'éclairement sont de l'ordre du millionième de seconde, les photographies sont pratiquement instantanées. L'éclateur E est constitué par des demi-boules d'aluminium, qui sont nettoyées à la toile d'émeri fine avant chaque opération : la distance explosive est d'environ 1^{mm}.

On obtient ainsi, sans difficulté, une fréquence d'étincelles dépassant 50000 par seconde. Les photographies doivent être prises sur un film sensible à déplacement très rapide. Nos premiers essais ont été faits avec des disques de papier au gélatinobromure, de 20^{cm} de diamètre, portés par l'axe d'un moteur de ventilateur tournant à 6000 tours. On a, semble-t-il, de meilleurs résultats en enroulant un film sensible sur un tambour cylindrique en rotation rapide, comme le fait M. Bull, qui a obtenu ainsi de remarquables cinématographies du mouvement des projectiles.

En résumé, on peut considérer que, grâce à l'emploi de décharges condensées fractionnées par soufflage, *il est maintenant facile de prendre des vues cinématographiques à la vitesse de plus de vingt mille photographies par seconde.*

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres émis par la frange rouge et la vapeur lumineuse au voisinage d'une lame de graphite incandescente.* Note (¹) de M. G.-A. HEMSALECH, présentée par M. A. de Gramont.

J'ai démontré, dans une Note précédente, que lorsqu'on chauffe, à l'aide d'un courant électrique, une lame de graphite recouverte d'une légère couche de carborundum, trois phénomènes différents se produisent dans son voisinage, à savoir : la vapeur bleuâtre, la vapeur lumineuse et la frange rouge. Comme je l'ai déjà dit, ce sont seulement le second et le troisième phénomène qui donnent des spectres discontinus. Pour effectuer l'examen de ces spectres, on projetait une image légèrement agrandie de la lame incandescente sur la fente d'un spectrographe, l'image étant perpendiculaire à la fente et bissectée par elle. De cette façon, on pouvait facilement suivre les variations dans le spectre en passant de la lame, où la température est maxima, jusqu'à la distance où l'émission de radiations lumineuses s'arrête complètement, par suite du refroidissement subi par les vapeurs. Voici les phénomènes spectraux qu'on observe, en augmentant progressivement la température de la lame. D'abord on voit apparaître les raies ou bandes de Na, K, Ca, Mn, auxquelles s'ajoutent ensuite celles de Pb, Sr, Fe, Al, Li, Tl, Cr, Ba, Mg. Ces éléments sont contenus comme impuretés dans le graphite, et tout particulièrement dans le carborundum. L'intensité de toutes ces raies et bandes, qui constituent le spectre de la vapeur lumineuse, diminue graduellement en passant de la lame vers le bas, ce qui indique qu'elles sont régies par la température de cette dernière. En particulier, pour le cas du fer, j'ai pu me convaincre que ce spectre est exactement du même type que celui qu'on observe dans les flammes et que j'ai également relevé dans un four électrique à tube de résistance. D'après l'hypothèse que j'ai émise, ce spectre serait donc causé par l'action de la chaleur sur des composés du fer, c'est-à-dire, dans le cas actuel, sur ses carbures (²). Lorsque la température de la lame a dépassé 2500° C. un nouveau spectre commence à apparaître dans son voisinage immédiat avec l'émission de la bande 3883 du carbone et de quelques raies d'arc du titane (exemples : 3949, 3956, 3958, 3990, 3999, 4536). En continuant à augmenter la température, d'autres bandes du carbone

(¹) Séance du 17 novembre 1919.

(²) HEMSALECH, *Philos. Mag.*, t. 36, 1918, p. 209.

sortent dans l'ordre suivant : 4216, 4737, 5165 et 5635. On aperçoit également d'autres raies du titane et quelques groupes de raies d'arc du vanadium (exemples : 4112, 4128, 4132, 4379, 4385, 4408). Finalement, vers 3000° C., ce spectre est complété par l'apparition d'une série de bandes rouges extrêmement intenses et très diffuses, dont les longueurs d'onde sont approximativement 606, 618, 632 et 648.

Le trait caractéristique de ce spectre, et par lequel il se distingue si nettement de celui de la vapeur lumineuse, est que ses raies et bandes passent seulement à une faible distance de la lame et s'y arrêtent brusquement. C'est le spectre de la frange rouge et ce sont ces bandes diffuses qui donnent la couleur rougeâtre à ce phénomène. L'émission de ce spectre n'est donc pas régie uniquement par la température de la lame, car autrement ses raies et bandes diminueraient d'intensité graduellement en s'éloignant de la lame, tout comme celles de la vapeur lumineuse. D'autre part, si ce spectre était causé par le courant thermo-électronique on devrait pouvoir le déplacer par un champ magnétique. C'est en effet ce que j'ai pu faire. Ainsi à 2700° C. on aperçoit seulement la bande du carbone 3883 et quelques raies ultraviolettes du titane; mais en faisant agir sur le courant de chauffage une force magnétique d'environ 125 unités C. G. S. dans le sens descendant, tout le spectre apparaît, y compris les bandes rouges. De même, à 3000° C., quand le spectre de la frange rouge est complètement développé, l'application d'un champ magnétique de 590 unités agissant vers le bas a pour effet d'allonger considérablement toutes ses raies et bandes, dont les intensités diminuent d'une façon graduelle en s'éloignant de la lame. Mais si le champ magnétique agit dans le sens contraire, toutes ces raies et bandes sont raccourcies et leurs intensités diminuent brusquement, de sorte que le spectre a l'air d'être pressé contre la lame de graphite.

Avec un champ de 1300 unités agissant vers le haut, la majeure partie du spectre de la frange rouge apparaît au-dessus de la lame et ses bandes et raies s'éteignent subitement à quelques millimètres de hauteur. Quoique les raies les plus fortes de la vapeur lumineuse, entraînée sans doute par la frange rouge, se montrent également au-dessus de la lame, la majeure quantité de cette vapeur reste en dessous, où ses bandes et raies gardent l'aspect habituel en diminuant d'intensité graduellement, malgré le puissant champ magnétique. Le fait que le bord inférieur du spectre de la frange rouge apparaît si nettement délimité avec un champ magnétique agissant vers le haut, tandis que les raies et bandes de ce spectre s'allongent et diminuent d'intensité lentement quand le champ agit dans

le sens inverse, semble fournir une explication simple de la netteté du contour inférieur de la frange rouge, que l'on observe toujours sans le champ magnétique extérieur.

En effet, cette particularité du phénomène s'explique par le champ magnétique établi autour de la lame grâce au courant de chauffage. Ce champ pousse le courant thermo-électronique contre la lame et empêche sa diffusion plus ou moins étendue vers le bas à travers les vapeurs fortement ionisées.

En résumé, les spectres de bandes et de raies donnés par les vapeurs au voisinage d'une lame de graphite, chauffée par un courant électrique, doivent leur origine à deux espèces différentes de centres d'émission, à savoir : 1° ceux créés par l'action de la chaleur sur les carbures de métaux et dont le spectre est régi par la température de la lame [excitation thermo-chimique ([1])]; ces centres d'émission ne sont pas sensiblement influencés par un champ magnétique; 2° ceux produits par le courant thermo-électronique et dont le spectre est régi simultanément par des actions thermiques et électriques [excitation thermo-électrique ([2])]; ces centres d'émission sont, au contraire, très susceptibles aux forces magnétiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la radioactivité de l'uranium.* Note de M. **Charles Staehling**, présentée par M. A. Haller.

Les faits décrits dans la présente Note ont été constatés au cours de recherches entreprises dans le but de tenter le dédoublement de l'uranium en uranium I et uranium II.

Ce but n'a pas été atteint, mais l'examen de nombreux produits préparés a mis en évidence, au bout de quelques mois, des phénomènes d'ordre radioactif non décrits jusqu'à présent, dont certains ne paraissent pas susceptibles d'une explication simple en l'état actuel de la théorie.

Les préparations d'uranium, d'origines diverses, obtenues par cristallisation ou précipitation fractionnées de sels variés, étaient étudiées à l'état d'oxydes, obtenus, en dernier terme, par calcination soit du nitrate d'uranyle, soit de l'uranate d'ammoniaque dans des conditions déterminées.

L'oxyde était étalé en couche de 1^{mm} environ d'épaisseur sur un disque de 50^{mm} de diamètre.

([1]) Hemsalech, *loc. cit.*, p. 215, § 4.
([2]) Hemsalech, *loc. cit.*, p. 293 et 295.

Les mesures, au nombre de plus de treize mille, ont été exécutées par la méthode au quartz piézoélectrique de Curie.

On a opéré successivement sur des produits commerciaux, sur des produits purifiés par réactions chimiques, par cristallisations et précipitations répétées; enfin, devant l'inattendu des résultats obtenus, on a soumis les produits à quatre purifications successives au lanthane, en combinant chaque purification au lanthane avec une méthode de purification inédite que M. Lebeau a bien voulu nous indiquer.

Les activités d'une trentaine d'oxydes provenant de produits obtenus par ces méthodes ont été suivies durant une période s'étendant du 13 janvier 1913 au 18 juillet 1914. Enfin, une série de mesures et quelques expériences ont été exécutées à la reprise de ce travail, en novembre 1919.

1. *Tous les oxydes d'uranium* étudiés dans les conditions indiquées ont montré une *baisse d'activité non pénétrante* allant de 1 pour 100, à 30,7 pour 100.

L'étude des courbes représentant cette activité pour les cas les plus caractéristiques a montré que, si l'on suppose qu'en novembre 1919 le produit était à l'équilibre, la moitié de la baisse d'activité se produit dans une période de 6,2 mois environ.

2. Cette baisse paraissant la plus forte pour les oxydes verts, de formule admise U^3O^8, préparés généralement par calcination douce de l'uranate d'ammoniaque, et la plus faible pour les oxydes noirs, auxquels on attribue la formule U^2O^5, préparés généralement par calcination du nitrate d'uranyle à haute température, on a institué l'expérience suivante.

Du nitrate d'uranyle a été partagé en trois parties égales. Une calcination plus ou moins énergique à l'air ou dans l'oxygène, à l'état de nitrate d'uranyle ou d'uranate d'ammoniaque, a donné pour les radioactivités des produits obtenus les chiffres consignés dans le Tableau qui suit :

	Oxyde noir		Oxyde noir et vert		Oxyde vert		Différence entre Noir et Vert
Dates.	total.	pénétr.	total.	pénétr.	total.	pénétr.	(radioctivité totale).
16 juil. 1914	6,21	0,19	6,14	0,19	5,98	0,19	0,23 — 4 p. 100
6 nov. 1914	5,90	0,16	4,80	0,16	4,57	0,15	1,33 — 22,5 »
Chute......	0,31		1,34		1,41		
Chute p. 100	5,1		21,8		23,5		

Les trois oxydes ont d'autant plus diminué d'activité que leur couleur va plus vers le vert.

Il y a lieu de rappeler que le disque d'oxyde noir conservé et observé au laboratoire de Mme Curie, depuis 1907, n'a pas présenté depuis cette date de variations supérieures à 1 pour 100.

3. L'oxyde noir vert, dont l'activité avait baissé de 5,95 à 4,64, a été traité à l'acide nitrique, puis le nitrate obtenu calciné à nouveau pour oxyde noir.

L'activité de cet oxyde est remontée à 5,90, c'est-à-dire *à sa valeur primitive.*

4. L'expérience a également été faite, qui consiste à passer de l'oxyde noir à haute activité restituée, provenant d'oxyde vert dégradé, à l'oxyde vert obtenu par l'uranate d'ammoniaque. Cet oxyde ne retrouve pas son activité diminuée antérieure, mais reste à peu près à la valeur relevée qu'on lui a fait récupérer par le premier traitement. On n'a pu encore vérifier que cette activité se remettra à décroître à nouveau, comme celle de tous les oxydes verts obtenus par l'uranate d'ammoniaque.

5. Un renouvellement des surfaces des disques ne modifie pas les activités observées.

Les chiffres afférents aux expériences rapportées en 3, 4 et 5 sont consignés dans le Tableau suivant :

Passage d'un oxyde à un autre (Activité α).

Date.	Noir vert. Avant recalcination. 1,072g.	Après recalcination pour oxyde noir 0,915g.
12 Novembre 1919.....	4,83	5,90

18 W. E. vert.

Dates.	Tel que.	Surfaces renouvelées.	Recalciné pour oxyde noir.	Le même repris et calciné pour oxyde vert.
21 Mai 1913...........	5,98	»	»	»
6 Novembre 1919......	5,34	»	»	»
20 Novembre 1919......	5,28	5,26	»	»
21 Novembre 1919.....	»	»	5,91	5,63

6. Dans les résidus de la purification au lanthane et dans ceux de la purification suivant la méthode de Lebeau, on a constaté des activités ascendantes, allant de 7,5 pour 100 à 93 pour 100. Pour l'une de ces montées, on a constaté une période en rayons α de 1,1 mois.

Ces produits font l'objet d'une étude spéciale.

Parmi les résultats, les uns ne sont pas compatibles avec la théorie actuelle de la radioactivité dans la série de l'uranium, les autres ne paraissent pas conciliables, sans explication nouvelle, avec la théorie de la radioactivité en général.

Les uns et les autres rendent sujettes à caution certaines mesures faites jusqu'à ce jour dans les mêmes conditions par comparaison avec des plateaux-étalons d'uranium.

Des expériences sont instituées pour les éclaircir.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la synthèse de l'ammoniac aux pressions très élevées.* Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

Les considérations que j'ai développées dans une Note précédente (1) sur la possibilité de reculer beaucoup la limite des pressions industrielles trouvent une de leurs applications les plus intéressantes dans le problème de la synthèse directe de l'ammoniac.

On sait que jusqu'aux pressions employées jusqu'ici, soit 200^{atm}, les résultats de l'expérience s'accordent remarquablement avec les indications de l'équation qu'après Gibbs et Le Chatelier, Haber a pu déduire de la relation fondamentale de Van't Hoff

$$\frac{d\log K}{dT} = \frac{-U}{RT^2},$$

en tenant compte des variations de la chaleur spécifique avec la température.

Aux pressions bien plus élevées encore que j'avais en vue, la prévision des résultats par l'extrapolation de la formule d'Haber serait sans doute peu légitime. J'ai donc, dans des essais dont il m'est maintenant possible de donner connaissance, déterminé directement, pour la réaction $Az^2 + 3H^2 = 2AzH^3$, sinon les teneurs d'équilibre, du moins des valeurs assez rapprochées de ces teneurs en fonction de la température et de la pression.

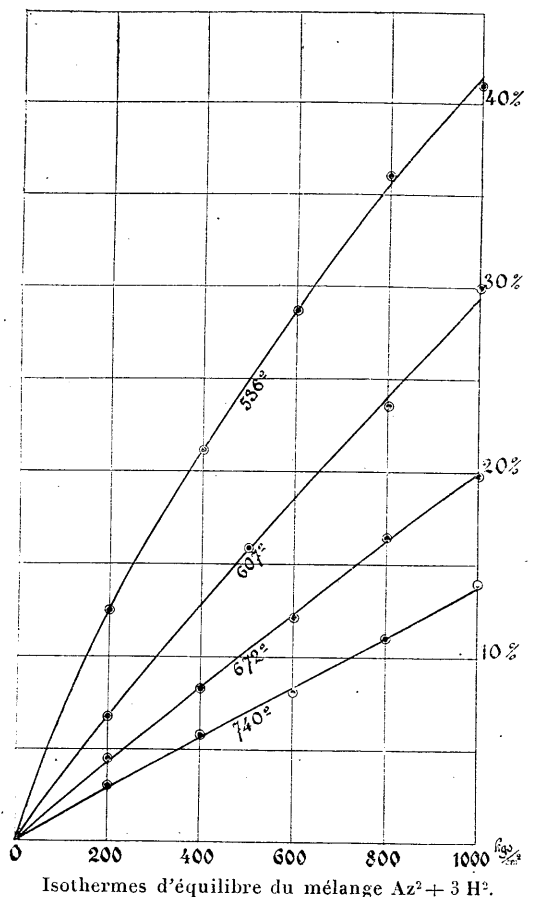
La matière catalysante en grains fins remplissait une longueur de 10^{cm} d'un tube de 8^{mm} de diamètre intérieur et de 80^{cm} de long, uniformément chauffé électriquement.

Le mélange gazeux préparé à l'avance, puis « hypercomprimé », était

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 649.

soigneusement débarrassé d'oxygène, mais non desséché rigoureusement avant son passage sur la matière catalysante.

Sa pression, mesurée par des manomètres métalliques, était maintenue



Isothermes d'équilibre du mélange $Az^2 + 3H^2$.
En abscisses : pressions en kg : cm². En ordonnées : teneurs en pour cent d'ammoniac dans le mélange

constante à la valeur voulue par le réglage de l'admission de ce mélange à « l'hypercompresseur ». La température était mesurée par des couples fer-constantan préalablement étalonnés aux températures d'ébullition de S, Se, Cd. Le débit gazeux était réglé à une valeur très faible par un robinet pointeau placé à l'aval du tube et les teneurs en ammoniac était déterminées en faisant passer les gaz sortants dans une solution titrée sulfurique, puis dans un compteur à gaz.

A chaque température choisie et maintenue aussi fixe que possible, on opérait successivement aux différentes pressions choisies, en général 200, 400, 600, 800 et 1000 kg : cm².

Les points marqués sur les courbes sont les moyennes de séries concordantes dont les éléments différaient en général de moins de 1 pour 100. Les résultats les plus mauvais au point de vue de l'obtention de l'équilibre, ceux relatifs à la plus basse température et à 200^{atm}, sont tels qu'avec un débit cinq fois plus grand, la teneur tombait de 12,5 à 11 pour 100. Ces détails précisent le degré de confiance qu'il faut donner à ces résultats : il ne s'agit pas de déterminations d'une rigueur absolue, mais de résultats industriels donnant d'une façon approchée les teneurs d'équilibre.

Comme on le voit, les résultats sont remarquables et montrent avec quelle facilité s'effectue aux pressions très élevées la combinaison de l'azote et de l'hydrogène, sans que toutefois l'emploi d'un catalyseur approprié cesse d'être indispensable. Alors qu'aux pressions employées par la Badische Anilin on est limité à des teneurs inférieures à 13 pour 100, on atteint plus de 40 pour 100 à 1000^{atm} et la faible dépense supplémentaire d'énergie nécessaire pour obtenir ce résultat est très largement rachetée.

Par contre, les essais relatifs à la vitesse de réaction confirment qu'il ne faut pas compter sur l'élévation de la pression pour abaisser la température de réaction : à 1000^{atm} comme à 200^{atm}, la zone des températures utilisables reste comprise entre 500° et 700°, la vitesse de réaction tombant par trop au-dessous de 500° et la teneur au-dessus de 700°.

A ce point de vue de la vitesse de réaction, d'ailleurs, j'indiquerai comme exemple qu'avec des catalyseurs pratiques travaillant à la température de 600° maintenue uniforme, on peut, avec un débit de 100^{m^3} par litre de catalyseur et par heure, obtenir une teneur de plus de 25 pour 100, correspondant à la combinaison de 40 pour 100 des gaz réagissants (un raisonnement facile montre qu'on passe de la teneur en ammoniac c à la proportion de gaz combinés p par la relation $p = \frac{2c}{100 + c}$).

Rapportés au poids de catalyseur, ces chiffres correspondent à 6^g d'ammoniac à la teneur de 25 pour 100 formé par gramme de catalyseur et par heure, au lieu de $0^g,5$ environ obtenu par la Badische pour des teneurs de 6 pour 100.

Dans ces conditions, le dégagement de la chaleur de combinaison devient si intense que non seulement la réaction préalablement amorcée peu s'entretenir d'elle-même pour des appareils ne traitant pas plus de 15^{m^3} par heure, mais que des précautions toutes spéciales doivent être prises pour l'enlèvement de cette chaleur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations subies par certains alliages d'aluminium.* Note de M. Léon Guillet, présentée par M. Le Chatelier.

Dans les recherches sur les alliages d'aluminium que j'ai effectuées de 1899 à 1902, et dont les principaux résultats ont fait l'objet de Notes à l'Académie, j'ai notamment indiqué qu'un grand nombre de ces alliages tombent rapidement en poussière lorsqu'ils sont abandonnés à l'air, particulièrement les alliages: Al-Fe renfermant de 65 à 95 pour 100 de Fe; Al-Mn contenant de 80 à 90 pour 100 de Mn; Al-Ni dont la composition varie entre 50 et 80 pour 100 de Ni. Tous ces produits métallurgiques avaient été obtenus par voie alumino-thermique.

Depuis, la question a été reprise industriellement : il a été préparé au four électrique des ferro-aluminiums qui donnent aisément de l'azoture d'aluminium, en présence d'azote, avec réaction exothermique.

Dans ces conditions, il m'a paru intéressant d'apporter plus de précision dans l'étude des phénomènes que j'avais signalés, il y a vingt ans environ.

J'ai donc préparé, par voie alumino-thermique, quelques alliages, notamment :

Un alliage Al-Fe à 77,55 pour 100 Fe;
» Al-Ni à 62,52 pour 100 Ni;
» Al-Mn à 85,40 pour 100 Mn.

En outre, j'ai préparé par fusion directe des métaux constituant un alliage Al-Sb à 79,86 pour 100 Sb.

Tous ces alliages devaient, d'après mes premières recherches, tomber en poussière à l'air.

Pour préciser les actions qui pouvaient se produire dans la désagrégation, les alliages ont été plongés, aussitôt après leur préparation, dans l'air sec, l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène; un morceau a été également abandonné à l'air libre.

Après un séjour, un peu variable pour chaque alliage, mais d'au moins trois mois, je constate les phénomènes suivants :

Les alliages Al-Fe et Al-Ni expérimentés n'ont donné lieu à aucune désagrégation.

L'alliage Al-Mn, au contraire, est devenu pulvérulent, très rapidement : 7 jours après l'abandon à l'air libre, 15 jours après la mise dans un courant d'oxygène, d'azote et d'hydrogène, j'ai constaté que l'alliage s'était de lui-même réduit en poussière; le morceau placé dans l'air sec a conservé sa

forme beaucoup plus longtemps; mais, sous une très faible pression, donnée à la main, il s'est rompu en très faibles fragments.

Dans aucun cas je n'ai constaté d'augmentation de poids :

	Dans O sec.	Dans Az sec.	Dans H sec.
Poids initial de l'alliage.........	13g,3550	13g,8048	11g,6968
Poids de l'alliage pulvérulent.....	13g,3550	13g,8052	11g,6970

On doit donc conclure que la transformation de l'alliage Al-Mn est une transformation allotropique ([1]).

Enfin, l'alliage Al-Sb qui se trouve en essai depuis quatre mois n'est tombé en poussière qu'à l'air libre; les morceaux placés dans l'air sec, l'azote, l'oxygène et l'hydrogène, n'ont éprouvé aucun changement.

Je poursuis ces essais. Mais, d'ores et déjà, il est possible de tirer quelques conclusions des résultats acquis.

Les transformations d'alliages d'aluminium, que j'ai précédemment signalées, ont des causes différentes :

L'alliage Al-Mn subit une transformation allotropique;

L'alliage Al-Sb s'oxyde à l'air humide.

Enfin, les alliages Al-Fe et Al-Ni ne subissent pas toujours de transformation; celle-ci semble due à une impureté que je ne puis préciser.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points critiques d'aciers auto-trempants.* Note ([2]) de M. P. **Dejean**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Communication ([3]), nous avons montré comment l'étude des points critiques décèle une discontinuité marquée entre la formation de la perlite ou de la troostite d'une part, et celle de la martensite d'autre part.

Nous avons désigné sous le nom de « point A » celui qui correspond à la production des premiers constituants, et « point B » celui qui correspond à la production du dernier.

Certains aciers spéciaux présentent en outre une nouvelle particularité

([1]) Ceci confirme absolument les résultats donnés dans ma Thèse de doctorat, mai 1902 (Renouard, éditeur).

([2]) Séance du 24 novembre 1919.

([3]) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 182.

que nous avions déjà notée ([1]), mais sur laquelle nous croyons utile d'insister : c'est le dédoublement du point B.

Nous donnons à titre d'exemple (*fig.* 1) une série de courbes de refroidissement (obtenues par la méthode différentielle), d'un acier au nickel-

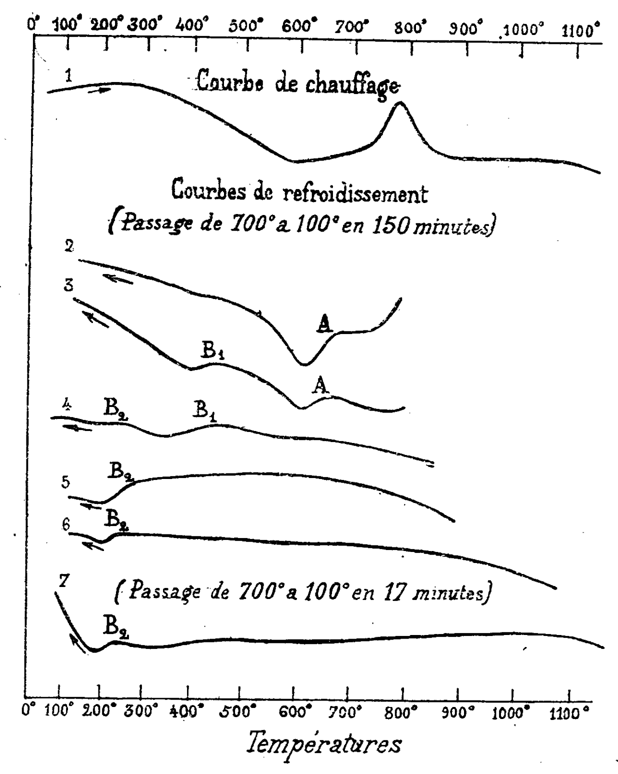


Fig. 1. — Points critiques thermiques (méthode différentielle) d'un acier au nickel-chrome-cuivre.

	Pour 100.		Pour 100.		Pour 100.
Carbone.....	= 0,39	Silicium.....	= 0,23	Manganèse.....	= 0,43
Nickel......	= 2,44	Chrome......	= 1,83	Cuivre.........	= 1,72

chrome-cuivre, sur lesquelles cette particularité est bien mise en évidence.

Les courbes 2 à 6 (*fig.* 1) ont été obtenues en adoptant, dans tous les cas, une même allure de refroidissement, définie par le temps mis par l'acier pour passer de 700° à 100° qui a été de 150 minutes environ; mais la température maxima atteinte par l'acier a varié dans chaque cas.

Dans ces conditions, on observe que :

([1]) *Revue de Métallurgie*, t. 15, septembre-octobre 1917.

1° Le point A se produit presque seul lorsque la température initiale de refroidissement est de 790° (courbe 2).

2° Lorsque la température initiale atteint 800° (courbe 3), on aperçoit après le point A, vers 420°, le début d'un second point que nous appellerons B_1, et qui se substitue peu à peu au point A.

3° Pour une température initiale de 850° (courbe 4), on voit apparaître, à côté du point B_1, à 230° environ, un autre point que nous appellerons B_2.

4° Quand on part de températures encore plus élevées (courbes 5 et 6), le point B_1 disparaît et le point B_2 subsiste seul.

5° Le point B_2 subsiste seul encore quand on augmente la vitesse de refroidissement (courbe 7).

Il faut noter, d'autre, part, qu'à la suite d'un refroidissement où le point A a seul été mis en évidence, l'acier est relativement doux. Sa dureté augmente considérablement lorsque le point B_1 se manifeste. Elle augmente de nouveau notablement lorsque le point B_2 apparaît à son tour. Elle reste ensuite constante quel que soit le mode de production de B_2 lorsque ce dernier subsiste seul.

On peut conclure de ces observations (qui semblent devoir s'étendre à toute une série d'aciers du même genre) que, pour l'acier étudié, la dureté maxima de trempe est atteinte en deux stades, comme s'il y avait deux équilibres labiles correspondant respectivement à la production des points B_1 et B_2.

D'autre part, nous avions montré précédemment [1] la relation qui existait entre la production du point B et celle de la martensite.

Pourrait-il donc y avoir pour un même acier plusieurs martensites, ou, plus justement, plusieurs *aspects martensitiques?* Nous ne serions pas éloigné de le croire, car le constituant martensitique correspondant à B_1 est en particulier plus doux et plus attaquable au réactif picrique que celui qui correspond à B_2.

Nota. — Nous avons parlé de dédoublement du point B; mais nous ne serions pas étonné qu'il y eût des cas encore plus complexes.

---

[1] *Comptes rendus et Revue de Métallurgie* (*loc. cit.*).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des chloroformiates de méthyle chlorés.* Note [1] de MM. **André Kling**, **D. Florentin**, **A. Lassieur** et **R. Schmutz**, présentée par M. Haller.

Ayant eu à étudier la série des chloroformiates de méthyle chlorés, nous avons constaté que les dérivés mono et dichloré n'avaient pas encore été décrits exactement dans aucune publication.

En 1887, Hentschel [2] avait bien étudié les produits obtenus par chloruration du formiate de méthyle. En particulier, il a décrit fort exactement le chloroformiate de méthyle trichloré : $Cl - CO^2CCl^3$, mais il a méconnu l'existence des dérivés mono et dichloré, qui doivent se produire par chloruration modérée du chloroformiate de méthyle et, en leur lieu et place, il décrivit un composé auquel il a attribué la formule $C^4H^3Cl^5O^4$ et la constitution invraisemblable

$$\begin{array}{ccc} Cl & & Cl \\ | & & | \\ C & \begin{array}{c} \diagup O \diagdown \\ \diagdown O \diagup \end{array} & C \\ | & & | \\ OCH^2Cl & & OCHCl^2 \end{array}$$

qui le faisait dériver d'un acide diformique hypothétique.

Nos recherches nous ont montré que cette hypothèse était inadmissible et que les chloroformiates de méthyle mono et dichloré existaient bien et qu'ils possédaient une constitution normale.

Préparation des chloroformiates de méthyle chlorés. — Les chloroformiates de méthyle chlorés peuvent être considérés comme dérivant soit de l'éther méthylique de l'acide formique, soit de l'éther méthylique de l'acide chlorocarbonique $CO\begin{cases} OH \\ Cl \end{cases}$. En effet, la chloruration modérée des éthers formiques conduit à des dérivés $Cl - COOR$, absolument identiques à ceux obtenus en faisant agir à froid le phosgène sur les alcools

$$CO\,Cl^2 + R - OH = CO\begin{cases} OR \\ Cl \end{cases} + H\,Cl,$$

d'où deux modes de préparation de ces corps.

---

(1) Séance du 17 novembre 1919.

(2) *Journal für praktische Chemie*, 2e série, t. 36, 1887, p. 99, 209, 305, 469. Cette série avait déjà, en outre, été étudiée par Cahours (*Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, t. 19, p. 342) et par L. Henry (*D. ch. Ges.*, t. 6, p. 742), mais les résultats de ces auteurs étaient peu précis ou même entachés d'erreurs graves.

1° *Préparation à partir du phosgène.* — On prépare tout d'abord le chloroformiate de méthyle $Cl - CO^2CH^3$ en faisant agir, à une température aussi basse que possible, le phosgène sur l'alcool méthylique. Dans cette réaction, il se forme toujours, d'ailleurs, une petite quantité de carbonate de méthyle : $CO^3(CH^3)^2$.

On chlore ensuite aisément le chloroformiate de méthyle obtenu en faisant agir le chlore en présence de lumière (soleil, lampe à arc, lampe à incandescence type 0,5 watt). Par action modérée, on obtient ainsi le dérivé monochloré dans un état de pureté assez satisfaisant; cependant, il est difficile d'aboutir à un produit exempt de dérivé dichloré, lequel a un point d'ébullition extrêmement voisin, et que, par conséquent, il est à peu près impossible d'éliminer par distillation fractionnée.

Une chloruration plus avancée fournit le dérivé dichloré qu'un fractionnement sépare du dérivé trichloré, formé également en petite quantité.

La chloruration poussée à fond donne enfin le dérivé trichloré $Cl CO^2 C Cl^3$, déjà décrit par Hentschell.

2° *Préparation à partir du formiate de méthyle.* — En chlorant le formiate de méthyle à la lumière, on obtient, ainsi que l'a indiqué Hentschell, les mêmes dérivés chlorés qu'en partant du phosgène. Cependant, en raison des propriétés que manifestent les liquides obtenus, vis-à-vis des chlorures anhydres de fer et d'aluminium, il est probable (ainsi que M. Delépine l'a fait remarquer) qu'ils renferment également une petite quantité de formiate de dichlorméthyle $H - CO O CH Cl^2$.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte au Roc de Chère (lac d'Annecy) des couches lacustres de l'Éocène.* Note [1] de M. **Léon Moret**, transmise par M. W. Kilian.

Le Roc de Chère forme sur la rive orientale du lac d'Annecy un petit massif arrondi de 200 hectares environ avec une altitude moyenne de 590^m [2]. L'étude attentive des terrains qui le constituent vient de

(1) Séance du 17 novembre 1919.

(2) Plusieurs savants, au cours de leurs travaux sur les Alpes de Savoie, se sont occupés du Roc de Chère, notamment A. Favre, G. Maillard, M. Lugeon, Douxami, Boussac et la plupart ont cherché à y résoudre le problème compliqué de la tectonique. M. Ph. Guinier dans son excellente monographie phytogéographique parue en 1906 a consacré à la stratigraphie du Roc un chapitre détaillé rédigé avec la collaboration de M. Le Roux. Cette consciencieuse étude nous a été très utile au cours de nos recherches.

nous révéler un fait important et inconnu jusqu'ici dans cette zone des Alpes, à savoir la présence des *couches lacustres* de l'Éocène qui affleurent dans la région centrale, sur les bords de la dépression des Sablons.

En parcourant le massif du Nord au Sud dans sa plus grande longueur, on passe par le gisement et l'on rencontre successivement de haut en bas et en bancs peu inclinés vers le Nord-Est :

1° D'abord un grès nummulitique blanc, dur, à ciment calcaire avec des intercalations de conglomérats, poudingues à cailloux blancs crétacés, calcaires bleus et ocreux à *petites Nummulites* et *Pecten ;* ces couches qui forment le plateau septentrional du Roc passent ensuite aux couches lacustres par l'intermédiaire d'un conglomérat à ciment marneux blanchâtre avec grains de quartz roulés et cailloux crétacés d'un jaune pâle.

2° Les assises lacustres occupent une digitation de la « dépression des Sablons » et s'y présentent sous forme de marnes blanchâtres à nombreux grains de quartz roulés à la partie supérieure. Le milieu de la formation est fossilifère et contient de nombreux moules internes d'un gros *Bulime* sénestre. Les couches inférieures sont analogues, noduleuses, mais sans fossiles. Elles reposent sur le calcaire gris, en petits bancs bien lités du Sénonien à *Inocérames*. Ce dernier vient buter par faille (faille occidentale) contre un grès nummulitique quartzeux, verdâtre, piqueté de glauconie, présentant comme le grès calcarifère des intercalations de poudingues à cailloux blancs crétacés.

3° Puis, viennent successivement au-dessous de ce grès quartzeux, et en bancs presque horizontaux : Un calcaire blanc zoogène (Urgonien supérieur = Aptien), les couches jaunes fossilifères du Rhodanien (C. à Orbitolines) et enfin les gros bancs calcaires blancs et zoogènes de l'Urgonien inférieur (Barrémien) formant la falaise méridionale du lac.

Le grès nummulitique calcarifère blanc est crevassé en véritables lapiaz; il est recouvert tout près de là, au Château de Menthon, par les marnes schisteuses à écailles de poissons du Flysch. D'autre part, il est subordonné en certains points au grès quartzeux et repose soit sur le Sénonien, soit même en transgression sur l'Urgonien (bains de Menthon). Le niveau fossilifère lacustre est localisé vers le milieu de la formation dont l'épaisseur moyenne est de 8^{m}.

On peut y récolter en abondance le moule interne d'un grand Bulime sénestre, incomplet, de 4^{cm} environ de long et de 2^{cm} de large au dernier tour, mais sans renflement. La forme des fragments inférieurs est subcylindrique, tandis que celle des parties supérieures est plus conique, moins effilée, qu'on aurait pu le supposer. La longueur totale de la coquille est de 7^{cm} environ avec un nombre de tours de spire

oscillant entre 8 et 10; le test, d'après des fragments conservés sur quelques échantillons, est lisse, ou finement strié longitudinalement. MM. Depéret et Roman, qui ont eu l'obligeance d'examiner nos pièces, les identifient avec *Bulimus subcylindricus* Math. (1).

A part cette très abondante espèce, nous n'avons pu trouver dans ce gisement qu'un dernier tour dextre de 2cm de long ayant sans doute appartenu à une *Limnée*.

Les couches inférieures, avons-nous dit, sont très noduleuses et reposent sur le Sénonien qui jalonne la faille occidentale, mais la végétation nous a empêché de voir si elles y sont en concordance.

Interprétation de la coupe. — Au point de vue tectonique, le Roc de Chère est un pli synclinal disloqué par deux failles (faille occidentale et faille orientale ou pli-faille de Maillard), travaillé par l'érosion, et qui se raccorde d'une part avec le synclinal d'Entrevernes au Sud, d'autre part avec le synclinal du col des Contrebandiers (Montagne de Veyrier) au Nord avec abaissement du pli au passage du lac (Lugeon, *Dislocations des Bauges*).

Au point de vue stratigraphique, à Entrevernes, les couches à grandes Nummulites (Auversien) supportent un Priabonien marneux et schisteux; au Roc de Chère, il n'y a pas d'Auversien mais des grès et calcaires à petites Nummulites et *Pecten;* nous en faisons l'équivalent du Priabonien (2) (Mésonummulitique = Éocène supérieur).

Quant au synclinal des Contrebandiers, on y retrouve les mêmes niveaux du Priabonien.

Au Roc de Chère, les couches lacustres sont par conséquent subordonnées au Priabonien dont elles sont séparées par un conglomérat. Il est difficile de les attribuer à l'Éocène moyen, et cela d'autant plus que, d'après M. Roman, *B. subcylindricus* n'existe pas dans cet étage (3). Nous sommes donc tenté d'admettre que, dès les premiers temps de l'Éocène, il existait en ce point une dépression occupée par un lac, tandis que, tout près de là, le phénomène sidérolithique se manifestait déjà sur les terres nouvellement émergées.

---

(1) Il se rapproche par son enroulement de *B. lævolongus* du Sannoisien du Mas Saintes Puelles (Aude) et de *B.* (*Amphidromus*) *Serresi* Math. du gisement de Choisity, près Aramon (Gard). Peut-être abandonnait-il en vieillissant, comme le *B. decollatus*, ses premiers tours de spires.

(2) La pénurie des documents paléontologiques au Roc de Chère rend évidemment ce parallélisme peu précis.

(3) F. Roman, *Monographie de la faune lacustre de l'Éocène moyen* (*Annales de l'Université de Lyon*, 1899, p. 30).

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Cancer primitif du pancréas et cellules géantes chez la Souris.* Note (¹) de MM. **L. Mercier** et **C. Lebailly**, présentée par M. Y. Delage.

On sait que la plupart des types de tumeurs cancéreuses connus chez l'Homme peuvent se rencontrer également chez la Souris. Aussi, si nous signalons aujourd'hui l'existence d'un cancer du pancréas chez ce Rongeur, ce n'est pas tant pour l'observation en elle-même que pour attirer l'attention sur certaines particularités en rapport avec la genèse de cette tumeur.

Au cours de l'autopsie d'une Souris, notre attention avait été attirée par la présence, sur le pancréas, d'une petite granulation d'un demi-millimètre environ de diamètre. L'étude des coupes histologiques nous a montré qu'il s'agissait d'un sarcome à cellules rondes à son début et en pleine évolution.

La masse sarcomateuse est constituée par des cellules polygonales formant des traînées longitudinales emprisonnées dans un mince réseau conjonctif. Entre les files de cellules cancéreuses on voit de nombreux leucocytes polynucléaires et, par place, des cellules géantes, les unes multinucléées, les autres à noyau unique et volumineux.

A peu près au centre de la masse cancéreuse, il existe un îlot sensiblement sphérique formé des mêmes éléments cellulaires, à l'exception toutefois des cellules géantes, et circonscrit par une coque conjonctive épaisse. Au centre de cet îlot se trouve la coupe d'un gros canal excréteur du pancréas.

L'étude des coupes en série nous a permis de suivre la marche envahissante de la tumeur en partant de cet îlot central. En certains points, les cellules cancéreuses ont dissocié l'enveloppe conjonctive et se sont insinuées entre les acini du pancréas dont elles déterminent la dégénérescence. En ces points les cellules cancéreuses en caryocinèse sont particulièrement abondantes.

Les cellules des acini frappés de dégénérescence présentent un cytoplasme vacuolaire, leurs filaments ergastoplasmiques sont altérés et forment de grosses masses sidérophiles; enfin leurs noyaux présentent une disposition anormale de la chromatine qui est condensée en un gros bloc. A la phase ultime du processus de dégénérescence, les cellules des acini se désa-

(¹) Séance du 10 novembre 1919.

grègent complètement et leurs débris sont englobés par des leucocytes qui se sont insinués entre les cellules cancéreuses. C'est sur l'emplacement des acini détruits que se forment les cellules géantes. Ces cellules qui apparaissent à la fin du processus de destruction des acini n'ont donc aucun rapport avec l'origine de la tumeur. Ce résultat concorde bien d'ailleurs avec les idées exposées par Duboscq (1918) (1) sur les rapports existant entre cellules géantes et cancer.

La genèse de ce sarcome du pancréas peut, à notre avis, être retracée de la façon suivante. Sous l'influence d'une cause que nous n'avons pu saisir, est apparue une réaction inflammatoire qui a conduit à la formation d'un petit nodule (îlot central) entouré d'une coque conjonctive épaisse, preuve évidente d'une réaction défensive prolongée de l'organisme. Puis, un nouveau facteur intervenant (virus du cancer), une ou plusieurs cellules du nodule inflammatoire sont devenues cellules cancéreuses. Celles-ci se sont multipliées, puis, franchissant la barrière conjonctive, ont envahi progressivement divers territoires du pancréas.

On voit donc, si les faits se sont succédés dans l'ordre que nous supposons, qu'à la base du processus cancéreux se trouve une lésion primitive à action irritative prolongée. Ce fait concorde avec les documents rassemblés par A. Lumière (1918) (2) dans son exposé du problème du cancer.

D'autre part, il résulte de notre étude que l'accroissement de la tumeur s'est fait uniquement par la multiplication des cellules cancéreuses déjà existantes, et non par transformation de cellules saines de l'organisme en nouvelles cellules cancéreuses. On peut donc admettre que dès la création de la ou des premières cellules cancéreuses, il n'y a plus eu contamination de cellules nouvelles de l'organisme souris par un virus cancéreux.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'emploi d'encres commerciales en histologie végétale*. Note de M. **P. Bugnon**, présentée par M. Guignard.

Il est remarquable que des matières colorantes aussi répandues que les encres commerciales n'aient jamais pu, jusqu'ici, être avantageusement

(1) O. Duboscq, Selysina perforans *Dub. Description des stades connus du Sporozoaire de Stolonica avec quelques remarques sur le pseudovitellus des statoblastes et sur les cellules géantes* (*Arch. Zool. exp.*, t. 58, 1918, p. 1).

(2) A. Lumière, *Considérations sur le problème du cancer et plan d'expériences* (Lyon, Imprimerie Sézanne, 1918).

associées à d'autres pour la teinture des membranes végétales. Les ouvrages de technique histologique ne font, en effet, aucune mention de l'emploi possible d'encres dans ce but; tout au plus quelques-uns d'entre eux [1] citent-ils encore, et sans paraître y attacher grande importance, un procédé décrit par Van Tieghem et Douliot [2] en 1888, consistant en l'utilisation successive d'une solution de tanin et de perchlorure de fer pour la coloration des membranes pecto-cellulosiques [3].

Il est d'ailleurs facile de se rendre compte que le mélange des deux liquides précédents, qui est en somme une encre noire ordinaire, donne le même résultat que l'emploi successif de ses deux constituants. Mais la coloration obtenue, de ton noirâtre, se prête mal à des combinaisons de nuances permettant de bons effets de contraste. A cet égard, l'emploi d'encres commerciales à base de tanin et de sulfate de fer, telles que l'encre de l'État-civil fabriquée par la maison Antoine, de Paris, m'a conduit à des résultats beaucoup plus satisfaisants. La teinte communiquée aux membranes pecto-cellulosiques est alors d'un beau bleu, capable de s'opposer par conséquent avec avantage à des rouges, des bruns ou des verts.

L'association des colorations est d'ailleurs fort aisée; c'est ainsi qu'on peut, avant de faire intervenir l'encre, teindre les membranes lignifiées en rouge, par exemple à l'aide de safranine anilinée, de fuchsine en solution aqueuse; en brun, par exemple à l'aide de vésuvine ou de chrysoïdine; en vert, par exemple à l'aide de vert d'iode, de vert de méthyle, de vert malachite, de vert brillant [4], de vert lumière [5]. Pour ceux de ces

---

(1) Zimmermann, *Die botanische Mikrotechnik*, 1892, p. 139. — Strasburger, *Das botanische Practicum*, 4e édition, 1902, p. 307.

(2) Van Tieghem et Douliot, *Ann. d. Sc. nat., Bot.*, 7e série, t. 8, 1888, p. 5.

(3) Les coupes étaient d'abord traitées par l'hypochlorite de soude pour détruire le contenu cellulaire, puis dûment lavées, avant d'être immergées dans la solution de tanin. Ce traitement préalable sera toujours supposé fait également dans l'exposé qui suit.

(4) Le vert malachite et le vert brillant que j'ai utilisés, et qui se comportent comme le vert d'iode, étaient de marques R. A. L.; ils m'ont été gracieusement offerts par l'Institut Pasteur de Paris, qui les fabrique; on connaît les remarquables efforts, couronnés de succès, accomplis par cet établissement pendant la guerre pour produire la plupart des matières colorantes que les recherches scientifiques exigent et dont l'Allemagne avait presque acquis le monopole avant la guerre.

(5) Voir au sujet de ce vert : P. Bugnon, *Sur une nouvelle coloration élective des membranes végétales lignifiées* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 62); *Sur l'emploi*

colorants qui se fixent également sur les membranes pecto-cellulosiques, comme les rouges et les bruns ci-dessus mentionnés, il est bon, après qu'ils ont agi, de différencier dans de l'alcool acide, par exemple dans de l'alcool à 70° additionné de 5 pour 100 d'acide chlorhydrique pur.

On peut obtenir avec autant de facilité une triple coloration des trois principales catégories de membranes en alliant au bleu que donne l'encre aux membranes pecto-cellulosiques, le rouge orangé que les membranes cutinisées et subérisées doivent à l'action du Soudan III et le vert des membranes lignifiées teintes par le vert d'iode ou le vert lumière. Le mode opératoire est simple : on traite d'abord les coupes par le mélange vert-Soudan en solution alcoolique, puis on fait agir l'encre.

La coloration bleue due à l'encre s'obtient rapidement : en quelques minutes l'intensité acquise est suffisante. D'autre part, elle se conserve bien, notamment dans le sirop d'Apathy et surtout dans le baume de Canada. J'ai appliqué avec succès la combinaison vésuvine-encre à des coupes en série montées ensuite au baume.

Une autre encre noire commerciale mérite, peut-être encore plus que la précédente, de devenir un réactif histologique courant. C'est l'encre moderne Antoine, à base de campêche. Les applications de l'hématoxyline, particulièrement sous la forme d'hémalun, à la teinture des membranes végétales pecto-cellulosiques sont bien connues. Ce qui donne à l'emploi de l'encre, au lieu d'hémalun, son principal intérêt, c'est qu'on peut l'associer très facilement, *en mélange triple*, avec le Soudan III et un vert (vert d'iode, vert lumière) et obtenir ainsi en une seule manipulation, l'excellente triple coloration suivante : les membranes lignifiées sont vertes, les membranes cutinisées et subérisées sont rouge orangé et les membranes pecto-cellulosiques sont violettes. C'est avec le vert lumière qu'on obtient les meilleurs résultats : l'opposition des teintes est plus accusée ([1]), le mélange se conserve bien; mais, par contre, la conservation des préparations est plus difficile. Avec le vert d'iode, la triple coloration persiste longtemps dans la glycérine ou la gélatine glycérinée; mais le mélange lui-même dure peu.

---

du vert lumière (Lichtgrün F. S.) *en histologie végétale* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, 4e série, t. 19, 1919, p. 44).

Sa nuance plutôt jaunâtre s'oppose mieux au bleu de l'encre que celle plutôt bleuâtre du vert d'iode, du vert de méthyle ou du vert malachite; à ce point de vue le vert brillant se rapproche beaucoup du vert lumière.

([1]) Pour la raison donnée antérieurement, Note précédente.

Dans tous les cas, une action d'une dizaine de minutes suffit à produire une coloration d'intensité convenable pour les trois colorants associés.

Voici des formules de préparation de ces mélanges qui m'ont donné d'excellents résultats :

1° Avec le vert lumière. Ajouter à une solution saturée de Soudan III et de vert lumière dans l'alcool à 70° un dixième de son volume d'encre;

2° Avec le vert d'iode. Ajouter à 100^{cm^3} d'une solution saturée de Soudan III dans l'alcool à 90°, 5^{dg} de vert et 5^{cm^3} d'encre.

L'emploi d'un mélange colorant de cette nature, facile à préparer, et qui simplifie au maximum les manipulations, me paraît tout indiqué, en particulier pour les travaux pratiques d'élèves.

En définitive, des encres commerciales de marque française, négligées jusqu'ici comme colorants histologiques, peut-être parce qu'on trouvait sans peine à l'étranger pour cet usage une grande variété de produits colorants d'ailleurs de bonne qualité, se révèlent comme des substances tinctoriales de premier ordre pour les membranes végétales. A un moment où l'intérêt national commande de recourir le moins possible aux produits fabriqués à l'étranger, leur emploi devient par conséquent doublement profitable.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Remarques phytogéographiques sur les Massifs du Vercors et du Dévoluy.* Note (1) de M. **Jules Offner**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons étudié comparativement la flore de deux massifs dauphinois, le Vercors et le Dévoluy, qui, suivant les anciennes divisions géographiques, dépendaient respectivement des *Petites* et des *Grandes Alpes du Dauphiné*, et que Ch. Lory a compris dans sa *Région des chaînes subalpines;* quelques conclusions paraissent se dégager de cette comparaison.

Dans ses *Recherches sur la flore du district savoisien* (1890), M. Briquet a montré qu'on pouvait trouver à la fois dans la présence de certaines espèces et dans l'absence d'autres particulières les traits caractéristiques d'une circonscription botanique naturelle. (Il s'agit toutefois, pour les espèces déficientes, de signes négatifs, toujours sujets à revision, et qui n'ont pas la valeur des premiers). Cette méthode a servi à M. Beauverd à marquer l'individualité du massif de la Chartreuse, qui héberge d'une part des types

(1) Séance du 24 novembre 1919.

méridionaux, manquant aux Préalpes de Savoie, et où l'on constate d'autre part de nombreux déficits par rapport au massif des Bauges ([1]).

1° Vercors. — Appliquant la même méthode au massif du Vercors, nous trouvons que ses déficits par rapport à la Chartreuse sont minimes, se réduisant à une dizaine d'espèces, parmi lesquelles : *Cardamine Plumieri*, *Ranunculus parnassifolius*, *Hypericum nummularium*, *Potentilla nitida*, *Saxifraga mutata*, *Crepis prœmorsa*.

Plusieurs types, plus ou moins localisés en Chartreuse, ne se sont montrés jusqu'ici que dans les montagnes de Lans, partie septentrionale du Vercors qui a le plus d'affinités avec la Chartreuse : *Rhodiola rosea* et *Alnus viridis*, que nous avons trouvés en 1914 dans la chaîne de Naves. Cette dernière espèce y descend jusqu'à 900m et se montre encore plus au Sud à la Fauge du Villard-de-Lans. Sans doute faut-il y ajouter *Astrantia minor*, qui existerait à Saint-Nizier, d'après une Note inédite de Villars ([2]).

En outre, le Vercors est surtout caractérisé par l'apparition de plusieurs espèces faisant partie de ce qu'on a appelé l'*élément alpin méridional*. C'est presque exclusivement dans la partie Sud du massif que nous relevons : *Dianthus subacaulis*, *Pulsatilla Halleri*, *Potentilla nivalis*, *Eryngium Spina-alba*, *Galium megalospermum*, *Fritillaria delphinensis*. Parmi ces plantes, l'*Eryngium*, très abondant sur les versants secs et chauds, exposés à l'Est, remonte cependant vers le Nord jusqu'au Moucherotte, dans les montagnes de Lans.

2° Dévoluy. — Appartenant géologiquement aux chaînes externes des Alpes, quoique formant parmi les *chaînes subalpines* de Ch. Lory un massif de structure et de physionomie très spéciale, que M. W. Kilian sépare aujourd'hui de la *zone subalpine* proprement dite, le Dévoluy a été rattaché par la plupart des botanistes au *District des Préalpes du Dauphiné* (*Alpes dauphinoises extérieures* de M. Magnin et de M. Briquet).

Nos recherches conduisent à annexer le massif du Dévoluy au *District des*

([1]) Ces déficits sont, à la vérité, moins nombreux que ne l'indique M. Beauverd dans ses *Considérations floristiques sur le massif de la Tournette* (*Bull. Herb. Boissier*, 1907); par exemple *Leontopodium alpinum* ne manque pas à la Chartreuse et atteint même au S. le Vercors et le Diois, *Astrantia minor*, *Gentiana nivalis*, *Leontodon pynenaicus* existent aussi en Chartreuse.

([2]) Le capitaine Albert Gauthier-Villars, éditeur des *Comptes rendus*, tué héroïquement en 1918 à son poste de commandement, m'a obligeamment communiqué avant la guerre les papiers laissés par son arrière grand-père, le célèbre botaniste Villars, où j'ai relevé d'intéressantes indications.

Alpes Cottiennes, c'est-à-dire à faire passer la limite orientale des *Préalpes du Dauphiné* par la vallée de l'Ébron, le col de la Croix-Haute et la vallée du Grand-Buech, limite qui se poursuit au Sud par la vallée du Buech, séparant les Baronnies du massif de Céüze. A l'appui de cette manière de voir, nous avons constaté, en effet, qu'environ 70 *espèces*, caractéristiques pour la plupart du *Secteur des Alpes austro-occidentales*, ont dans le Dévoluy leur terminus à l'Ouest. De ce contingent important de plantes qui manquent au Vercors, les plus remarquables sont : *Oxyria digyna*, *Hugueninia tanacetifolia*, *Draba carinthiaca*, *Ranunculus glacialis*, *Geranium rivulare*, *Viola cenisia*, *Oxytropis fœtida*, *Trifolium alpinum*, *Saxifraga biflora*, *Primula farinosa*, *P. graveolens*, *Androsace helvetica*, *A. alpina*, *Gentiana alpina*, *Senecio incanus*, *Adenostyles leucophylla*, *Leucanthemum alpinum*, *Festuca spadicea*, *Avena versicolor*, etc. Quelques endémiques révèlent encore l'individualité phytogéographique du Dévoluy : *Centaurea seuseana*, qu'il possède en commun avec le massif de Céüze, son prolongement méridional, dont il semble difficile de le séparer, *Carduus aurosicus* et *Iberis aurosica*. Les relations de ces massifs avec les montagnes du Gapençais restent à élucider.

A l'ouest du Dévoluy, et bornant le Vercors au Sud-Est, s'étend le *Bochaine*, région de transition entre le Dévoluy et le Diois, dont une partie a été bien décrite en 1897 par M. C. Chatenier sous le nom de *Massif de Lus-la-Croix-Haute*. Ce botaniste y a découvert plusieurs espèces dont la présence n'a pas encore été constatée dans le massif du Dévoluy proprement dit, et qui, si on les ajoute aux 70 espèces dont nous avons parlé, rendent encore plus frappant le déficit du Vercors par rapport au Dévoluy. En sens inverse, la pénétration sur les confins du Dévoluy de plantes caractéristiques des Préalpes du Dauphiné, comme *Primula Auricula*, *Gentiana angustifolia*, n'altère en rien les traits généraux de ce massif. Les seuls déficits du Dévoluy par rapport au Vercors portent sur un très petit nombre d'espèces préalpines comme *Ranunculus alpestris*, peut-être *Androsace villosa*, et quelques plantes d'une dispersion trop générale dans les Alpes pour qu'on ne puisse s'attendre à les trouver dans ce massif.

La flore alpine du Dévoluy est donc incomparablement plus riche que celle du Vercors. Le premier de ces massifs est le plus rapproché du centre alpin ; son altitude moyenne (d'après les récents calculs de M. Raoul Blanchard) et ses points culminants dépassent de près de 500^{m} ceux du massif voisin ; enfin on y observe une plus grande variété de roches et de terrains. Il ne semble pas cependant que ces différences suffisent à expliquer la richesse floristique du Dévoluy, dont la cause sera sans doute trouvée dans l'histoire des déplacements de la flore alpine depuis la période glaciaire.

ANATOMIE. — *Le Péroné du nouveau-né à la Pierre Polie et conséquences en anatomie philosophique.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

J'ai eu l'extraordinaire bonne fortune de pouvoir recueillir au milieu des ossements de l'allée couverte de Vaudancourt (Oise), ossuaire vierge de la Pierre Polie, un péroné humain, provenant d'un très jeune enfant, absolument entier et parfaitement intact. C'est là, jusqu'à présent, une observation unique.

Cet os, sans les deux épiphyses, mesure $0^m,100$ de long. Comme un péroné adulte de cet ossuaire atteint $0^m,236$, il en résulte, d'après la loi de Weissemberg sur la croissance humaine, qu'un péroné d'un enfant de trois ans aurait $0^m,180$, et que cet os correspond à un nouveau-né, âgé d'environ un an et demi, au maximum.

Son aspect n'est nullement celui de l'os adulte des Néolithiques et des Modernes, si bien que nombre de personnes n'ont pu en faire le diagnostic. Il ressemble, à s'y méprendre, surtout à sa partie inférieure, à des *Radius* humains de même âge, dont je possède plusieurs spécimens provenant de la Ciste néolithique de Bazages-en-Pareds (Var).

Il présente deux faces, un bord épais et un bord mince, comme le radius, et non les trois faces du péroné adulte typique. Ces faces sont absolument lisses et sans aucune des cannelures connues pour l'adulte néolithique.

Il est, de plus, *incurvé* en avant, comme les radius, au lieu d'être rectiligne (¹). Cette incurvation est assez marquée.

On peut résumer ainsi les caractères anatomiques de cet ossement exceptionnel :

		mm
Longueur maximum		0,100
Circonférence minimum		0,015
Extrémité supérieure	largeur	0,009
	épaisseur	0,007
Extrémité inférieure	largeur	0,008
	épaisseur	0,006
Indice de robusticité		15,00
Poids		$2^g,50$

Or, chez l'adulte, un péroné préhistorique pèse de 35^g à 70^g et a un *indice de robusticité* qui atteint à peine 11,00. Ce qui veut dire que, chez

(¹) Dans la même sépulture, j'ai trouvé deux autres débris de péronés, appartenant à des sujets à peine plus âgés. Ils ont même allure.

l'enfant, l'os est plus robuste que chez l'adulte, toutes proportions gardées.

L'incurvation est à mentionner d'une façon spéciale, car elle est très caractéristique; la flèche de courbure ayant $0^{mm},006$, il en résulte que l'*indice de courbure* est de 6,00.

Or, si on la compare avec celle des radius jeunes, on constate qu'il y a presque identité. Elle est, de plus, en sens contraire de celle du tibia.

Cette conformation, un peu imprévue, prouve qu'au membre inférieur, c'est le péroné qui représente le radius, ou plutôt que le radius n'est qu'un péroné de l'avant-bras. Par suite, le cubitus est le tibia et la rotule n'est bien que l'olécrane, devenu libre, comme je l'ai avancé déjà (1).

Cette constatation matérielle montre que la théorie de l'inversion de l'humérus est parfaitement erronée, comme on le reconnaît d'ailleurs actuellement, à la suite des travaux de Jullien.

Elle indique, en outre, comme je l'ai signalé déjà, qu'au pied, le premier métatarse (2) représente non pas le pouce de la main, mais bien le cinquième métacarpien.

Là où est l'inversion, c'est en réalité à la main, qui est un pied retourné, et non à l'humérus.

Ces modifications au membre supérieur résultent de l'adaptation spéciale de ce membre à la *préhension* dès que l'homme est devenu *bipède*, et à l'apparition des mouvements de pronation et de supination de l'avant-bras, qui en sont la conséquence. La main a acquis la possibilité de se retourner de 180°, pour pouvoir mieux saisir; mais c'est au coude et au niveau du condyle huméral que seule la rotation s'est produite.

Il résulte de là que ce qu'on appelle la « cannelure » des péronés néolithiques, qu'on peut désigner sous le nom de *solénie*, n'est qu'une conformation, *acquise* à l'âge adulte, due à des actions musculaires spéciales, en rapport avec la marche particulière des préhistoriques, cela dès le Paléolithique.

Cette marche, intermédiaire entre celle des quadrupèdes, des anthropoïdes et des hommes actuels, s'est d'ailleurs très modifiée de nos jours, puisque les péronés actuels ont très rarement (et au demeurant au titre atavique) de telles cannelures.

Elle a été, de plus, différente avec les races néolothiques, puisque cer-

(1) MARCEL BAUDOUIN, *Développement de signification de la rotule humaine* (*Bull. et Mém. Soc. Anthrop. de Paris*, 18 janvier 1917, nos 1 et 2, p. 31-34).

(2) Cet os s'est, bien entendu, *atrophié* à la main dès qu'il n'a plus joué un rôle, au point de vue sustentation.

taines d'entre elles ne présentent pas, en général, le phénomène de la *solénie*.

Cette conformation particulière est donc tout à fait de même nature que la *platycnémie* du tibia et la *platymérie* du fémur, qui, elles aussi, ne s'observent pas chez le nouveau-né de la Pierre Polie.

PARASITOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de la température et d'autres agents physiques sur le pouvoir insecticide de la chloropicrine.* Note (¹) de MM. **G. Bertrand**, **Brocq-Rousseu** et **Dassonville**, présentée par M. Roux.

Suivant les lieux et les conditions climatologiques, l'activité de la chloropicrine, employée comme substance parasiticide, est susceptible d'être influencée par la température et par le degré hygrométrique de l'air. Nous avons étudié ces circonstances, ainsi que l'influence possible de la lumière. Nos expériences ont été effectuées principalement sur le charançon, mais elles ont été étendues à d'autres insectes.

Influence de la température. — Ayant noté les températures au cours des expériences dont nous avons donné les résultats dans une Note antérieure (²), nous avons constaté que, dans chaque série de quatre expériences, faites à la même concentration, mais à des températures un peu différentes, tous les temps minima mortels, sans exception, correspondaient aux températures les plus élevées. Le Tableau suivant, relatif à ces séries d'expériences, montre que la température intervient déjà d'une manière appréciable, quelle que soit d'ailleurs la dose de chloropicrine, entre 20° et 25°, c'est-à-dire lorsque la variation de température atteint seulement 5°.

Températures.	Temps mortels.	Températures.	Temps mortels.
1g par mètre cube :		8g par mètre cube :	
°	h m	°	h m
20	15. 0	21	3.10
21	15.45	23	2.45
21	15.45	24	2.45
23	15. 0	24	2.30
2g par mètre cube :		9g par mètre cube :	
21	8. 0	20	2.25
21	7.20	21	2.20
24	7.30	23	2.35
24	7. 0	24	2.15

(¹) Séance du 24 novembre 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 880.

Températures.	Temps mortels.
3g par mètre cube :	
21	6.30
22	6.30
22	6.10
24	5.45
4g par mètre cube :	
20	5. 0
20	5.15
23	5. 0
24	4.30
5g par mètre cube :	
21	4.30
21	4.30
23	4.10
23	3.45
6g par mètre cube :	
20	3.30
21	3.40
23	3.20
23	3.10
7g par mètre cube :	
21	3.15
21	3.15
23	3.10
24	2.40

Températures.	Temps mortels.
10g par mètre cube :	
20	2.10
21	2.35
24	2.10
24	2. 0
15g par mètre cube :	
20	1.20
23	1.20
24	1.25
25	1.10
20g par mètre cube :	
22	1.15
23	1.10
24	1.10
25	1. 0
25g par mètre cube :	
22	0.55
23	0.55
23	1. 0
25	0.45
30g par mètre cube :	
21	0.45
22	0.40
24	0.45
25	0.40

Afin de préciser cette notion, importante à la fois au point de vue théorique et au point de vue pratique, nous avons poursuivi nos recherches en opérant à des températures aussi différentes que possible, mais encore compatibles avec la vie du charançon. A chacune des températures ainsi choisies, nous avons exécuté plusieurs expériences et nous avons noté, comme antérieurement, le temps nécessaire pour tuer tous les individus, réunis au nombre de 10 dans le nouet soumis à l'action de la chloropicrine. Voici la moyenne des temps mortels observés dans chaque série d'expériences faites à la même température :

	Dose (gr. par m^3).	Températures.	Temps moyens de mort.
		o	h m
Première série (1 expérience)......	20	0	4. 0
Deuxième série (7 expériences)....	20	11	2.52
Troisième série (4 expériences)....	20	12	2.27
Quatrième série (4 expériences)...	20	15	2.19
Cinquième série (6 expériences)...	20	36	0.32
Sixième série (5 expériences)......	20	37	0.31

Les résultats obtenus dans ces nouvelles expériences sont très démonstra-

tives : l'action de la chloropicrine est d'autant plus rapide, c'est-à-dire plus intense, que la température est plus élevée. Bien mieux, malgré la complication probable du mécanisme entraînant la mort de l'insecte, la courbe qui exprime la vitesse d'action de la chloropicrine en fonction de la température, est, du moins dans sa partie moyenne, la même que dans le cas des réactions chimiques, réactions qui sont régies, comme on le sait, par la loi de Van t'Hoff et d'Arrhénius. Dans la zone de 10° à 30°, la mieux adaptée à la vie du charançon, le coefficient de température est de 2 à 2,5; il diminue ou s'accroît notablement avec la température en dehors de ces limites.

Les résultats obtenus avec la punaise des lits et avec la blatte nous permettent d'aboutir à la même conclusion générale.

Influence de l'état hygrométrique. — Nous avons cherché si les variations de l'état hygrométrique de l'air avaient une influence sur le temps nécessaire à tuer les insectes. Nos expériences ont été faites comparativement dans des flacons dont l'air était desséché depuis la veille par du chlorure de calcium (5g de sel anhydre par litre) et dans des flacons dont l'atmosphère était, au contraire, saturée d'humidité par le séjour, aussi depuis la veille, d'une éponge imbibée d'eau. Les résultats obtenus ont montré que l'état hygrométrique était sans action sur le pouvoir insecticide de la chloropicrine.

Influence de la lumière. — Nous avons essayé l'action possible de la lumière en opérant, à la même température, à l'obscurité et à la lumière du jour. Il n'y a pas eu de différence.

En résumé, dans l'emploi de la chloropicrine contre les insectes, il n'y a pas à se préoccuper de l'influence de la lumière ou de l'obscurité, ni du degré hygrométrique de l'air : ces circonstances sont sans effet. Au contraire, la température augmente d'une manière très importante, comme dans le cas des réactions chimiques, la vitesse d'action de la vapeur insecticide. En pratique, il y a donc un grand intérêt, chaque fois que cela est possible, à élever la température des locaux où l'on utilise la chloropicrine pour la destruction des insectes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la vaccination préventive contre le bacille dysentérique de Shiga.* Note de M. **Tamezo Kabéshima**, présentée par M. Roux.

La vaccination préventive contre la dysenterie n'est pas une nouveauté, elle remonte aux recherches de Shiga en 1898; depuis cette époque, de nombreux expérimentateurs ont poursuivi des recherches dans cette direc-

tion. Cependant, à cause de l'extrême sensibilité des petits animaux de laboratoire à l'égard du bacille de Shiga, leur immunisation est très difficile, ainsi que l'ont montré MM. Vaillard et Dopter. Les lapins, en particulier, supportent mal la toxine du bacille de Shiga; pour obtenir quelques animaux vaccinés il faut expérimenter sur un grand nombre. Or, récemment, M. d'Herelle a découvert, dans les déjections des convalescents de dysenterie à bacille de Shiga, un « microbe filtrant bactériophage » qui, mis en contact avec le bacille dysentérique, le fait disparaître par une sorte de dissolution, et il est parvenu, au moyen de ce produit (bactériolysat) à immuniser les petits animaux de laboratoire ([1]).

Inspiré par les travaux de M. d'Herelle, je me suis livré à des recherches sur la vaccination préventive contre le bacille de Shiga chez les lapins. Toutefois, la nature du « microbe bactériophage » de d'Herelle ne sera pas envisagée dans cette Note.

Comme M. d'Herelle l'a décrit, j'ai constaté que le microbe bactériolysant pullule, en même temps que le bacille de Shiga est détruit sous son action. Voici la méthode de préparation des bactériolysats employés dans mes expériences : on émulsionne dans 10^{cm^3} de bouillon ordinaire une anse de culture du bacille de Shiga sur gélose, âgée de 24 heures. On y ajoute une trace du microbe de d'Herelle, un millième de centimètre cube par exemple, et l'on maintient à $+37^\circ$. Au début de l'action, c'est-à-dire pendant les deux premières heures environ, le bacille de Shiga se multiplie et le trouble du bouillon augmente, mais au bout de 3 à 4 heures tous les bacilles sont tués et dissous. Après une nuit à l'étuve, on filtre le liquide à travers une bougie Chamberland L2; on obtient ainsi un liquide complètement limpide. Ce liquide contient la toxine du bacille de Shiga et celle-ci s'y conserve pendant plusieurs jours; mais après un laps de temps variant de trois semaines à un mois, sa toxicité a diminué sensiblement. J'ai pratiqué la vaccination préventive chez les lapins avec plusieurs des bactériolysats en question et d'âges différents.

Résultats obtenus par l'injection intra-veineuse. — Deux séries de dix lapins, du poids de 2^{kg} environ, ont reçu dans la veine auriculaire 1^{cm^3} du lysat du bacille de Shiga; ces lysats étaient préparés depuis un temps variant de trois semaines à deux ans et demi. Le onzième jour, ces animaux ont été inoculés avec une dose d'une culture de 24 heures de bacilles de Shiga trois fois plus forte que celle qui fait périr les lapins du même poids. Les lapins soumis à la vaccination préventive au moyen du bactériolysat ont

---

([1]) d'Herelle, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 970.

survécu, tandis que les dix témoins ont succombé en 12 heures. Naturellement, on a constaté chez les lapins survivants une diminution de poids après l'inoculation d'épreuve, mais ils ont regagné leur poids primitif dans un temps très court : entre 2 et 17 jours. En résumé, il est démontré que les lapins traités par une seule injection de bactériolysat en question peuvent résister à une quantité de toxine du bacille de Shiga plusieurs fois égale à la dose minima mortelle.

A quel moment l'immunité apparaît-elle après la vaccination? J'ai injecté 1^{cm^3} d'un lysat âgé de trois mois à une série de dix lapins du poids de 2^{kg} environ. A partir du deuxième jusqu'au dixième jour, j'ai inoculé ces lapins, les uns après les autres, avec une dose sûrement mortelle de culture en bouillon du bacille de Shiga âgée de 24 heures. J'ai constaté que les témoins ont succombé dans les 12 heures, tandis que le lapin qui avait subi l'injection d'épreuve le lendemain de la vaccination n'a succombé que 4 jours après. Un autre qui avait subi l'injection des bacilles au troisième jour de la vaccination a succombé 27 jours après, en dépérissant peu à peu. Les autres se sont rétablis complètement en trois semaines, quoique j'aie constaté chez eux une diminution sensible de poids.

D'après ces résultats, on peut conclure que pour la vaccination préventive en question, la période dite négative n'existe pas. L'immunité est déjà solide le cinquième jour après l'injection préventive, elle se manifeste même dès le deuxième et le troisième jour par une survie des animaux vaccinés sur les témoins.

Vaccination par injection sous-cutanée. — J'ai pris deux séries de lapins pesant environ 2^{kg}. Chez les lapins d'une série j'ai pratiqué une injection sous-cutanée de 2^{cm^3} de plusieurs sortes de lysats, d'âge différent, et à ceux de l'autre série j'ai pratiqué deux injections de la même quantité à dix jours d'intervalle. Dix jours après la dernière injection, j'ai inoculé une dose sûrement mortelle de culture de bacilles de Shiga dans les veines de ces lapins et j'ai observé les résultats suivants : Parmi les lapins de la première série, ceux qui avaient été traités par les lysats âgés de trois semaines à trois mois ont survécu et se sont rétablis en un mois environ; mais pour ceux qui avaient été traités avec des lysats âgés de six mois à deux ans et demi, la mort n'a pu être que retardée par rapport aux témoins. Par contre, les lapins soumis à deux inoculations, quel que soit l'âge du lysat, ont survécu et ont repris leur poids primitif au bout de trois semaines.

Il est probable que l'immunité est acquise à la suite d'une attaque de dysenterie de la même façon que dans les expériences que nous venons de

rapporter, c'est-à-dire par l'absorption des produits de la dissolution du bacille de Shiga dans le tube intestinal humain sous l'influence du microbe bactériolysant de d'Herelle. On peut donc espérer que si ces lysats ne provoquent pas chez l'homme une trop forte réaction, ils pourront servir à la vaccination préventive contre la dysenterie. D'autre part, leur usage est indiqué dans l'immunisation des animaux, en vue de la production d'un sérum antitoxique ou agglutinant.

A 16 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par le décès de M. *Landouzy*, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne. . . . . M. **Paul Janet**

En seconde ligne, *ex æquo et par ordre alphabétique*. . . . . MM. **Maurice d'Ocagne**, **Joseph Renaud**, **Albert Robin**, **Paul Séjourné**, **Eugène Simon**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures et demie.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 DÉCEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Walcott** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *E. Metchnikoff*.

Il est donné lecture de ce Décret.

NÉCROLOGIE. — *Notice nécrologique sur le Professeur R. Lépine, Correspondant de l'Académie des Sciences*, par M. **A. Laveran**.

Le professeur Lépine (Jacques-Raphaël), né à Lyon le 6 juillet 1840, est mort à Menton le 17 novembre dernier; sa carrière médicale a été très belle.

En 1860, R. Lépine est interne des hôpitaux de Lyon et, en 1865, interne des hôpitaux de Paris; il a la bonne fortune d'avoir pour maîtres Lorain et Charcot.

En 1870, il passe sa Thèse de doctorat et fait campagne avec les ambulances de l'armée de l'Est. Rentré à Paris après la guerre, il devient chef de clinique de la Faculté de Médecine. En 1874, il concourt avec succès pour le Bureau central des hôpitaux de Paris et, en 1875, pour l'agrégation de la Faculté.

Dès 1877, à l'âge de 37 ans, Lépine est nommé professeur de clinique médicale à la nouvelle Faculté de Médecine de Lyon, fonctions qu'il remplit, avec un grand succès, jusqu'à sa mise à la retraite, en 1910, c'est-à-dire pendant 33 ans.

R. Lépine était Correspondant de notre Académie, dans la Section de Médecine et de Chirurgie, depuis 1887, et Membre associé de l'Académie de Médecine depuis 1896; il était officier de la Légion d'honneur.

R. Lépine était, en même temps qu'un excellent clinicien, un physiologiste très distingué; il avait été l'élève de Brown-Séquard et de Ludwig; devenu professeur de clinique médicale, il ne cessa pas de fréquenter le laboratoire et d'expérimenter sur les animaux toutes les fois que la chose était utile. Plusieurs de ses travaux les plus intéressants se rapportent à la Physiologie expérimentale.

Les publications de Lépine sont très nombreuses, je serai obligé de m'occuper seulement des plus importants de ces travaux qui ont trait au système nerveux, aux maladies de la nutrition, à la sécrétion urinaire et à l'étude du diabète sucré.

1° *Travaux concernant la physiologie et la pathologie du système nerveux.* — Claude Bernard avait découvert que l'excitation de la corde du tympan faisait dilater les vaisseaux de la glande sous-maxillaire; on soupçonnait dans d'autres régions l'existence de nerfs vaso-dilatateurs, mais on n'en avait mis aucun en évidence quand Lépine montra, en 1870, que l'excitation du bout périphérique des nerfs hypoglosse et glosso-pharyngien de la grenouille produisait immédiatement une rougeur intense de la moitié correspondante de la langue. Cette expérience fut reproduite par Vulpian, chez le chien, avec succès.

Dans le domaine des phénomènes vaso-moteurs, Lépine a étudié encore les hémiplégies réflexes d'origine pleurale ou pulmonaire.

En 1875, dans sa Thèse d'agrégation, Lépine a très bien exposé la question des localisations cérébrales motrices, en ajoutant un certain nombre de faits anatomo-cliniques nouveaux à ceux déjà connus, tendant à démontrer l'existence chez l'homme d'une région corticale motrice. On lui doit surtout d'avoir démontré que l'électrisation du gyrus post-frontal produit, chez le chien curarisé : une élévation de la tension vasculaire, une forte dilatation des vaisseaux des pattes du côté opposé et une faible dilatation des vaisseaux des pattes du côté correspondant.

2° *Travaux sur la nutrition et sur la sécrétion urinaire.* — Lépine a étudié avec soin les phénomènes qui accompagnent l'inanition, laquelle représente, comme il le dit, la plus simple de toutes les maladies générales; ses recherches ont porté spécialement sur la composition des urines dans une série de maladies : excrétion de l'acide phosphorique (phosphates alcalins

et terreux) dans ses relations avec l'état nerveux, notamment dans l'épilepsie, soufre incomplètement oxydé, alcaloïdes toxiques de l'urine; il conclut que la meilleure manière de déterminer la toxicité d'une urine consiste à l'injecter en nature, opinion déjà émise par le professeur Bouchard.

3° *Travaux sur le diabète sucré.* — Lépine a publié, de 1889 à 1909, un grand nombre de travaux sur le diabète sucré qui sont réunis dans son remarquable Ouvrage intitulé : *Le Diabète sucré*, paru en 1909. Les chapitres les plus intéressants de ce livre sont ceux qui concernent la glycogénie et la glycolyse.

L'importance des propriétés glycogéniques du foie découverte par Claude Bernard a été confirmée, mais il a été établi, d'autre part, que tous les organes sont plus ou moins capables de faire du sucre. Lépine et Metroz ont montré qu'ils donnent tous *in vitro*, pendant l'heure qui suit leur extraction, une proportion variable de sucre fermentescible, indépendamment des sucres non fermescibles ou *virtuels* qu'ils peuvent contenir. D'après Lépine et Boulud, ce qu'on a appelé avant eux le sucre du sang ne représente que la moitié de sa quantité totale, la plus grande partie se trouvant à l'état de combinaison plus ou moins stable dont il se dégage pour les besoins de la glycolyse fonctionnelle.

Lépine et Barral ont étudié l'influence de la sécrétion interne du pancréas sur la glycolyse; il résulte de leurs recherches que, chez les animaux dépancréatés, la glycolyse *in vitro* est, en général, moindre qu'à l'état normal.

L'oxygène étant incapable d'oxyder le sucre, il est très probable qu'un ferment doit intervenir, Lépine a proposé d'appeler *ferment glycolytique* le ferment capable de dédoubler le sucre. Un dernier Ouvrage qui s'imprime en ce moment a pour titre : *Le sucre du sang*.

L'enseignement clinique de Lépine à Lyon était très apprécié; les nombreux élèves qui l'ont suivi ont conservé le meilleur souvenir du maître excellent dont la mort a causé d'unanimes regrets. Le professeur R. Lépine a eu la consolation de voir son fils, le Dr Jean Lépine, arriver comme lui au professorat et occuper à la Faculté de Médecine de Lyon, avec beaucoup de succès, la chaire de Psychiatrie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilisation de l'acroléine* (IV). *Recherche de composés stabilisants contre la formation du disacryle.* Note de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Paul Robin.**

L'acroléine brute, préparée et conservée avec les précautions indiquées précédemment ([1]), ne subit pas d'altération importante pendant plusieurs années. On a donc ainsi un moyen satisfaisant d'obtenir de l'acroléine stable.

Nous avons cependant jugé utile de poursuivre ces expériences et de tâcher de réaliser, à volonté, la stabilisation d'un échantillon quelconque d'acroléine.

Les recherches bibliographiques ne nous ont fourni aucune indication susceptible de guider de semblables études. Une seule voie s'ouvrait à nos investigations : rechercher à quelles substances l'acroléine brute devait sa stabilité, ce qui revenait à analyser le mélange des produits résultant, avec l'acroléine, de la déshydratation de la glycérine en présence du bisulfate de potasse et à rechercher lesquels de ces produits jouissaient du pouvoir stabilisant.

Ce mélange est très complexe, et, quoique nous n'ayons pas encore élucidé entièrement sa composition, nous avons réussi à y mettre en évidence la présence de différents composés, dont l'étude est en cours, et à en isoler d'autres, dont l'un nous a mis sur la piste de toute une classe de substances stabilisantes.

I. *Méthode d'analyse immédiate mise en œuvre.* — Cette méthode a consisté en une longue série de fractionnements par distillation, pratiqués suivant une technique que nous avons imaginée et mise au point à cette occasion, et dont nous donnerons ici les grandes lignes.

Un manomètre différentiel spécial, qui sera décrit ultérieurement, permettait de réaliser rigoureusement la même pression à l'intérieur de l'appareil distillatoire pendant une série d'opérations. La précision ainsi obtenue, 15 fois supérieure à celle que peut donner le manomètre ordinaire à mercure, a facilité dans une large mesure la séparation des substances.

Cependant, l'analyse n'aurait pu être utilement poussée bien loin avec la seule considération de la température d'ébullition. Nous avons eu recours, en outre, à la mesure de la densité et de l'indice de réfraction. En prenant la valeur de ces deux constantes physiques pour les différentes fractions, on observait, d'un groupe à l'autre, des variations tantôt dans un sens, tantôt en sens contraire : il apparaissait ainsi des maxima et des minima, dont chacun correspondait vraisemblablement à un composé défini. On poursuivait alors la purification de ce composé en se guidant sur la

([1]) Voir Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 705 et 885.

propriété caractéristique qui en avait décelé la présence. Nous estimions avoir atteint le terme de la purification par distillation quand, le liquide étant réparti par rectification lente en trois portions, le point d'ébullition, la densité et l'indice de réfraction étaient sensiblement identiques pour les trois portions.

La sûreté de notre méthode s'est affirmée dans la pratique. Nous nous bornerons à indiquer qu'elle nous a permis de reconnaître avec certitude la présence de quatre composés définis dans une portion passant en 10° seulement (75°-85° sous 3^{mm}-4^{mm}) et qu'elle nous a permis d'obtenir directement, par simple rectification, *deux d'entre eux à l'état cristallisé* (phénol ordinaire et un composé de constitution encore inconnue).

Voici, à titre d'exemple, un Tableau montrant comment on peut déceler la présence de certains corps. Ce Tableau concerne une huile préalablement privée d'acides, ayant déjà subi plusieurs fractionnements et dont les portions successives ont été finalement recueillies de 5° en 5° (pendant les fractionnements ultérieurs, on a observé de nouveaux maxima ou minima de l'indice de réfraction ou de la densité).

	Points d'ébullition.	N_D à 20°.	Densités à 20°.
Pression : 13^{mm}-14^{mm}.			
Produits de tête	° 59°	1,4565	1,0489
	59-65	1,4616	1,1027
Produit à densité élevée	65-70	1,4650	1,1328
	70-75	1,4686	**1,1465**
	75-80	1,4793	1,1448
Produit à densité faible	80-85	1,4960	1,1278
	85-90	1,5112	1,1104
	90-95	1,5220	**1,0972**
Pression : 3^{mm}-4^{mm}.			
Produit à indice élevé	60-65	1,5220	**1,0996**
	65-70	1,5282	1,1009
	70-75	1,5318	1,1028
	75-80	**1,5332**	1,1030
	80-85	1,5310	1,1030
	85-90	1,5290	1,1067
	90-95	1,5250	1,1124
	95-100	1,5172	1,1192
Produit à indice faible	100-110	1,5126	1,1332
	110-115	**1,5110**	1,1427
	115-120	1,5147	1,1468
	120-125	1,5209	1,1519
	125-130	1,5335	1,1627
Produit à indice élevé	130-135	1,5335	1,1656
	135-140	1,5428	1,1784
	140-145	**1,5455**	1,1871
	145-150	1,5390	»

Ayant reconnu la présence d'acides et de composés phénoliques, nous avons recherché ces substances par les méthodes classiques.

2. *Résultats.* — Seules les fractions présentant des propriétés stabilisantes pour l'acroléine ont été l'objet d'une étude approfondie.

Voici les principaux produits que nous avons obtenus.

A. Une huile passant entre 55° et 60° sous 13mm et caractérisée par un maximum d'indice de réfraction $N_{D20°} = 1,4624$ et par une densité $D_{20°} = 1,060$.

B. Une huile passant de 60° à 62° sous 13mm et caractérisée par un minimum d'indice de réfraction $N_{D20°} = 1,4592$ et par une densité $D_{20°} = 1,128$.

C. Une huile passant de 73° à 75° sous 13mm et caractérisée par un maximum de densité $D_{20°} = 1,1472$.

D. Du phénol ordinaire [1], obtenu à l'état cristallisé à partir d'une huile bouillant à 75°-80° sous 3mm-4mm et caractérisée par un minimum de densité $D_{20°} = 1,0979$ et un indice élevé $N_{D20°} = 1,5311$.

E. Un composé cristallisé (F. = 103°-106°), extrait d'une huile bouillant à 80°-85° sous 3mm-4mm et caractérisée par un maximum d'indice $N_{D20°} = 1,5334$. La semi-carbazide fournit avec ce corps des écailles nacrées, très peu solubles dans l'alcool même bouillant et fondant vers 315° (fusion instantanée).

On remarquera que la température d'ébullition de ce corps, sous la pression de 3mm-4mm, est très inférieure à son point de fusion.

F. Une huile bouillant à 80°-81° sous 3mm et fournissant, avec la semi-carbazide, une substance cristallisée, soluble dans l'alcool chaud (fusion instantanée 285°); l'hydroxylamine donne également un composé cristallisé (fusion 133°-135°).

G. Une huile de même point d'ébullition que la précédente, mais ne réagissant ni sur l'hydroxylamine ni sur la semi-carbazide.

H. Une huile caractérisée par un minimum de l'indice de réfraction $N_{D20} = 1,5077$.

I. Une huile caractérisée par un maximum de l'indice $N_{D20} = 1,5530$.

J. De l'acide benzoïque.

K. Un mélange d'acides volatils dont les points d'ébullition varient comme ceux de la série des acides gras, qu'ils rappellent, du reste, par leurs propriétés organoleptiques. La portion 160°-190° (pression normale) a été étudiée avec un soin particulier, et nous avons de fortes raisons de penser qu'elle est constituée par le mélange des acides butyriques, valériques et caproïques.

H. Un mélange de composés phénoliques, dont la composition n'a pas été encore étudiée.

3. Recherche du pouvoir stabilisant contre la formation du disacryle. — 1° *La notion de durée excédante de limpidité.* — Des proportions variables du produit soumis à l'essai étaient ajoutées à de l'acroléine pure, récemment

---

[1] Postérieurement à l'exécution de ce travail, nous nous sommes aperçus que Linnemann et Zotta (*Lieb. Ann. sup.*, t. 8, p. 254) avaient obtenu du phénol ordinaire en déshydratant la glycérine par le chlorure de calcium. Mais ces auteurs n'ont pas aperçu les propriétés stabilisantes du phénol.

distillée et limpide. On notait le temps au bout duquel apparaissait le premier louche dû à la précipitation du disacryle dans un échantillon témoin, conservé sans addition d'aucune substance, et dans les divers autres échantillons mis en observation. Le laps de temps écoulé entre l'apparition du trouble dans le témoin et dans l'échantillon étudié était appelé *la durée excédante de limpidité* de cet échantillon.

Au sujet de cette notion de *durée excédante de limpidité*, qui a présenté une grande importance pour notre étude de la stabilisation, nous ferons les deux remarques suivantes :

a. La durée excédante de limpidité d'un échantillon d'acroléine stabilisée ne doit pas être confondue avec la durée de l'action stabilisante. Contrairement, en effet, à ce que l'on aurait pu croire *a priori*, l'action stabilisante continue à s'exercer avec une intensité soutenue même pendant la transformation en disacryle : dans une acroléine stabilisée, l'altération progresse toujours, mais avec une allure ralentie par rapport à celle d'un échantillon non stabilisé (1).

b. Si la mesure de la durée excédante de limpidité ne fournit aucune indication sur la durée de l'action stabilisante, elle procure, en revanche, des renseignements précieux sur l'intensité de cette action, et, par suite, sur l'activité des substances stabilisantes : plus tardive sera la première apparition du disacryle, plus lente sera la marche générale de l'altération et plus actif sera le produit soumis à l'expérience. On a donc ainsi un moyen commode de comparer l'activité stabilisante de diverses substances.

2° *Action des acides*. — L'acide benzoïque est un stabilisant fort intéressant : employé à la dose de 1 à 2 pour 100, il peut déterminer une durée excédante de limpidité supérieure à six mois. Malheureusement son action n'est pas constante, et, bien que toujours appréciable, elle subit des variations notables suivant l'origine des échantillons d'acroléine.

De nombreux autres acides ont été essayés; aucun ne nous a donné de résultats comparables à ceux qui ont été obtenus avec l'acide benzoïque, quelques-uns même accélèrent l'altération.

---

(1) La stabilisation ne supprime pas l'altération en disacryle, elle en ralentit simplement la marche : c'est une « catalyse négative ». Nous admettons, en effet, que la formation du disacryle est continue dans tous les cas. S'il s'écoule un certain laps de temps avant l'apparition d'un précipité, cela tient, sans doute, soit à la solubilité du disacryle (qui n'est vraisemblablement pas nulle, bien qu'elle échappe à l'observation à cause de sa faible valeur), soit à la formation de solutions colloïdales, sans parler de la production possible de composés de condensation intermédiaires.

L'étude de l'action de cette catégorie de substances devra être reprise. Nous l'avons provisoirement abandonnée, en raison des bons résultats obtenus avec les composés phénoliques.

3° *Action des phénols.* — Le phénol ordinaire, qui a été trouvé par nous dans des fractions de distillation douées de l'action stabilisante, présente un intérêt particulier. Il nous a conduits, en effet, à la découverte des propriétés stabilisantes des corps possédant la fonction phénol. Son activité est relativement faible : à la dose de 1 pour 100 il ne prolonge la durée de limpidité que pendant quelques jours au delà de celle de l'échantillon témoin. Avec de plus grandes concentrations on obtient des effets plus marqués.

Il nous a paru qu'il n'y avait pas lieu, pour le moment du moins, d'étudier les autres composés phénoliques provenant de la préparation de l'acroléine, puisque, comme nous venons de le dire, tous les phénols sont doués de l'action stabilisante contre le disacryle.

PHYSIOLOGIE. — *Injections de gomme ou de plasma après hémorragie.* Note de M. **Charles Richet.**

M. Barthélemy a indiqué récemment que, par le procédé de Bayliss (injection d'eau gommée), il avait pu sauver des chiens auxquels une forte hémorragie avait été faite ([1]) et il conclut en disant que l'injection intraveineuse d'eau salée gommée est aussi efficace que la transfusion de sang.

Avec P. Brodin et Saint-Girons, j'étais arrivé à un résultat absolument différent, et je me crois autorisé à défendre les conclusions de notre Mémoire ([2]).

Nous avions établi que la quantité de sang qu'on peut retirer à un chien sans que la mort en soit la conséquence fatale est de 70 pour 100, et nous nous exprimions ainsi :

« Les thérapeutiques qui font vivre un chien quand la perte de sang est inférieure à 70 pour 100 ne peuvent guère être considérées comme efficaces, puisque, sans traitement, l'animal aurait peut-être survécu. Nous n'appellerons *efficaces* que les thérapeutiques qui permettront la survie après une perte supérieure ou égale à 70 pour 100. »

([1]) *La survie définitive des chiens saignés à blanc, obtenue par un moyen autre que la transfusion du sang* (*Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 1000).

([2]) *Survie temporaire et survie définitive après les hémorragies graves* (*Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 574).

Il semble donc qu'à un an de distance nous ayons, en quelque sorte, prévu par avance les objections de M. Barthélémy, puisqu'il saigne les chiens au-dessous de 70 pour 100, ce qui interdit toute conclusion ferme. Les cinq chiens (sur huit) qui ont survécu ont perdu des quantités de sang notablement inférieures à 70 pour 100 : c'est-à-dire 62, 62, 72, 59, 66 pour 100.

Ce sont là des pertes de sang trop faibles pour qu'on en puisse inférer quoi que ce soit. M. Barthélémy ne peut citer qu'un seul chien ayant perdu plus de 70 pour 100 de sang. Or, une expérience unique ne peut rien prouver, car l'évaluation de la quantité de sang que possède un animal est toujours assez arbitraire comportant une incertitude de 10, 15 et même parfois 20 pour 100.

Il est vrai que par la méthode de la perte de sang rapide et brusque que détermine l'ouverture de la carotide, les accidents sont très aigus, et que la syncope cardiaque et même l'arrêt respiratoire paraissent mettre en péril l'animal hémorragié. Mais dans ces cas toute thérapeutique devient efficace. La respiration artificielle, l'abaissement de la tête, la ligature de la carotide et l'injection simple d'eau salée, même en petite quantité, qu'elle soit gommée ou non, suffisent à rétablir très vite la vie.

Ce qui importe, ce n'est pas de combattre, comme l'a fait M. Barthélémy, la syncope cardiaque et l'arrêt respiratoires précoces sur des animaux ayant perdu moins de 70 pour 100 de leur sang, *c'est de permettre la survie définitive à des animaux ayant perdu plus de* 70 *pour* 100 *de leur sang.*

Or, par ses expériences, M. Barthélémy ne peut prouver cela, puisqu'il ne nous cite, sauf un cas, que des chiens ayant perdu des quantités de sang bien inférieures.

Nous avons fait avec les injections de gomme des expériences presque aussi nombreuses que celles de M. Barthélémy. Sur cinq chiens, il en est deux qui ont survécu; ils avaient perdu 48 et 55 pour 100 de leur sang. Les trois autres, ayant perdu 54, 60, 70 pour 100 de sang, sont morts.

Au contraire, grâce à des injections de plasma et de sérum, on peut faire survivre définitivement des animaux ayant perdu 80, 85, et même dans deux cas 92 et 93 pour 100 de leur sang : les injections salées ou gommées n'ont pas le même pouvoir.

Nous conclurons en disant que la question n'est pas du tout de faire vivre des animaux ayant perdu moins de 70 pour 100 de sang; car alors tout réussit; mais bien de faire vivre des animaux ayant perdu plus de 70 pour 100 de sang. Or, jusqu'à preuve du contraire, nous appuyant sur nos 75 expé-

riences, nous pensons que parmi les chiens ayant subi une hémorragie de plus de 70 pour 100 peuvent seuls survivre ceux à qui une injection de sérum, ou de plasma, ou de sang, a été faite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la chloruration du formiate et du chloroformiate de méthyle.* Note [1] de MM. **V. Grignard, G. Rivat** et **Ed. Urbain.**

L'étude de la chloruration progressive du formiate et du chloroformiate de méthyle a déjà été entreprise, d'une façon assez détaillée, en 1887, par Hentschel [2] qui, à côté d'erreurs importantes, a fait bon nombre d'intéressantes remarques. Plus récemment, cette étude a été reprise par MM. Kling, Florentin, Lassieur et Schmutz [3], en vue de la préparation du chloroformiate de méthyle monochloré, que Hentschel n'avait pu réussir à identifier convenablement. Ces savants ont précisé les conditions de préparation de ce corps et montré qu'il était, pratiquement, toujours associé à plus ou moins de chloroformiate de méthyle dichloré, à peu près inséparable dans les conditions habituelles.

Les recherches sommairement exposées dans la présente Note nous furent demandées lorsqu'il fut constaté que la méthode de chloruration, qui donnait dans d'excellentes conditions le mélange précédent, ne permettait pas d'atteindre le terme ultime de la réaction, c'est-à-dire le chloroformiate de méthyle trichloré, $ClCO^2CCl^3$. L'appareil employé comportait des chambres à chloruration en plomb, éclairées intérieurement par de puissantes lampes à incandescence, et la température de la réaction était, en général, de 140° à 150°. Dans ces conditions, il était à peu près impossible d'aller au delà d'une teneur en chlore de 65,5 pour 100, alors que le chloroformiate trichloré exige 71,7 pour 100.

Nous avons été conduits ainsi à reprendre l'étude complète de la chloruration en partant des matières premières, formiate ou chloroformiate de méthyle, et à examiner l'influence de la température, de la lumière et des agents catalytiques. Voici les constatations que nous avons pu faire :

I. Toute question de difficulté pratique mise à part, les résultats sont

---

(1) Séance du 24 novembre 1919.

(2) *J. für pr. Ch.*, 1887, p. 99, 209, 305, 468.

(3) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1046.

les mêmes, que l'on parte du formiate ou du chloroformiate. Ceci est normal puisque, d'après Hentschel, le second corps est le premier terme de la chloruration du premier. Cependant les recherches de M. Delépine (comm. priv.) l'ont conduit à admettre qu'il se forme accessoirement, au début, du formiate de méthyle dichloré, HCO^2CHCl^2, composé particulièrement instable, surtout en présence de certains catalyseurs comme le fer. Nous avons reconnu que ce corps se transforme entièrement en dérivés du chloroformiate lorsqu'on pousse la chloruration plus loin.

II. *Influence de la lumière.* — Contrairement à l'affirmation d'Hentschel (*loc. cit.*, p. 100), il est possible à la lumière diffuse, même faible, de passer du chloroformiate de méthyle à son dérivé monochloré, à la condition toutefois d'opérer au début dans la vapeur légèrement surchauffée, vers 75° (le chloroformiate bout à 71°). Cette chloruration paraît présenter trois phases d'activité assez nettement délimitées : une phase de début, assez lente, qui correspond à la formation d'environ 15 pour 100 de chloroformiate monochloré; une phase moyenne de chloruration active qui s'étend jusqu'à 75 à 80 pour 100; enfin la phase finale dans laquelle la chloruration est d'autant plus paresseuse que l'on s'approche davantage de la saturation.

Lorsqu'on veut pousser la chloruration plus loin, il est nécessaire de faire appel à des radiations lumineuses plus puissantes. Hentschel avait recours à la lumière solaire qui conduit d'abord à un mélange des chloroformiates mono- et dichloré et permet d'atteindre aisément le dérivé trichloré, mais l'inconstance d'une telle source la rend inutilisable dans la pratique industrielle.

Les recherches de M. Kling et de ses collaborateurs ont montré que la chloruration sous l'influence de lampes à incandescence puissantes ne permet d'atteindre qu'avec une extrême lenteur le dernier terme de la réaction. Nous avons vérifié de notre côté que la lumière du bec Auer, riche surtout en radiations jaunes et vertes, donnait à peu près les mêmes résultats. Nous avons été ainsi conduits à utiliser les radiations ultraviolettes. Après avoir essayé efficacement l'arc au fer, nous avons adopté la lampe en quartz à vapeur de mercure.

Au laboratoire, on peut opérer dans un ballon en verre blanc ordinaire qui laisse passer les radiations de longueurs d'onde voisines de $0^{\mu},3$, c'est-à-dire que l'on se trouve placé, qualitativement tout au moins, dans les mêmes conditions qu'à la lumière solaire. Quand on part du formiate de

méthyle (éb. 36°), on commence la chloruration à 30° et l'on élève progressivement la température. Avec le chloroformiate (éb. 71°), on surchauffe un peu au début (par légère pression ou en laissant un pied de cuve), et, dans les deux cas, on maintient la température vers 80°. Il importe, pour éviter les explosions, de ne jamais envoyer le chlore avant d'avoir chauffé et irradié le liquide. Dans ces conditions, on obtient aisément des liquides titrant 69 à 71 pour 100 de Cl et contenant 80 à 90 pour 100 de chloroformiate trichloré.

III. *Influence de la température.* — Nous avions d'abord pensé qu'il n'y avait que des avantages à élever progressivement la température au fur et à mesure de l'enrichissement du liquide en Cl. Il n'en est rien.

Si, par exemple, on se maintient au voisinage de l'ébullition du mélange, on constate que la réaction se poursuit très régulièrement jusque vers 110°-112°; lorsqu'on atteint 113°-114°, il se produit un ralentissement notable et, vers 117°, il se dégage abondamment du phosgène dont la formation doit être attribuée au dédoublement du chloroformiate trichloré sous l'influence de la chaleur et des radiations ultraviolettes :

$$ClCOOCCl^3 = 2\,COCl^2.$$

Hentschel avait d'ailleurs observé que cette réaction était à peu près complète, dans les conditions ordinaires, au-dessus de 300°.

IV. *Influence des catalyseurs.* — Nous avons d'abord essayé de découvrir un catalyseur chimique de la réaction; nous avons expérimenté les chlorures de sulfuryle et de pyrosulfuryle, le perchlorure de fer, le chlorure d'antimoine, le chlorure de cuivre, le soufre.

Avec les perchlorures de fer et d'antimoine, il y a chloruration manifeste, puis décomposition, à partir d'une certaine concentration. C'est probablement le chloroformiate dichloré qui se détruit, car on a trouvé dans les produits de distillation des quantités notables de chloroforme, mais pas de tétrachlorure de carbone :

$$ClCOOCHCl^2 = CO^2 + CHCl^3.$$

Le soufre paraît permettre également d'atteindre ce même dérivé, sans le dépasser.

Nous avons, d'autre part, étudié l'influence des parois dans le cas de chaudières métalliques. Nous avons reconnu que le fer et le plomb, noyés dans le liquide, n'ont pas d'influence notable sur la réaction. Au contraire,

lorsqu'ils sont placés dans les vapeurs, ils donnent des perchlorures dont l'action destructrice est très nette. De plus, ces perchlorures se dissolvent dans le liquide et y continuent leur action, de sorte qu'il est difficile, sinon impossible, d'achever dans du verre ou du grès une chloruration commencée dans le plomb ou le fer.

Comme on pouvait s'y attendre d'ailleurs, ces actions catalytiques sont renforcées par la lumière.

V. *Chloruration dans le grès.* — Les résultats précédents nous ont conduits à adopter, pour la préparation en demi-grand du chloroformiate de méthyle trichloré, le dispositif suivant :

Sur la grande ouverture d'une jarre en grès, du type jarre à chlore, on mastique une cloche en verre blanc à parois assez minces ($1^{mm},5$ à 2^{mm}) formant un moufle dans lequel on introduit un brûleur Westinghouse-Cooper-Hewitt. Les deux autres tubulures portent le tube abducteur de Cl et l'appareil de condensation, en grès ou en quartz, s'il est à reflux. Dans ces appareils, on arrive aisément à obtenir des produits de densité 1,63 à 1,64 à la température ordinaire et titrant environ 70 pour 100 de Cl.

Dans la pratique, le chloroformiate préparé par l'action du phosgène sur l'alcool méthylique contient toujours du carbonate de méthyle. On obtient donc en réalité un mélange assez complexe de produits de chloruration.

Dans une prochaine Note, nous étudierons les corps que nous avons rencontrés au cours de ces recherches et dont plusieurs n'ont pas encore été décrits.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Landouzy*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 64,

M. P. Janet	obtient.	24	suffrages
M. A. Robin	»	22	»
M. J. Breton	»	6	»
M. J. Renaud	»	5	»
M. M. d'Ocagne	»	4	»
M. P. Séjourné	»	3	»

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 64,

M. P. Janet	obtient.	38 suffrages
M. A. Robin	»	25 »
M. M. d'Ocagne	»	1 suffrage

M. **Paul Janet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Fr. Soddy, *Le Radium, interprétation et enseignement de la Radioactivité*, traduit de l'anglais par A. Lepape. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

La réorganisation de l'industrie chimique en France, par Eugène et Paul Grandmougin.

M. **E. Gerards** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

Le directeur de l'**École des hautes études industrielles et commerciales de Lille** et MM. **J. Aumiot**, **Ch. Marie**, **A. Paillot**, **G. Raymond** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles réguliers de mesure nulle.* Note de M. **G. Valiron**.

M. Borel a appelé ensemble linéaire régulier tout ensemble linéaire qui peut être défini de la façon suivante : soit sur le segment $0-1$ une suite énumérable de points $A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$ appelés points fondamentaux; à chaque entier q faisons correspondre une suite d'intervalles $\varphi(1, q)$, $\varphi(2, q), \ldots, \varphi(n, q), \ldots$ dont les longueurs (que nous désignerons par les

mêmes expressions) forment une série convergente et tels que l'intervalle $\varphi(n, q)$ renferme l'intervalle $\varphi(n-1, q)$ à son intérieur et tende vers A_n. Soit $E(q)$ l'ensemble des points intérieurs à l'un au moins des segments $\varphi(n, q)$, l'ensemble E des points intérieurs à tous les $E(q)$ constitue un ensemble régulier de mesure nulle (1).

On peut montrer d'une façon très simple que lorsque la suite des points A_n est partout dense sur le segment $0-1$, tout point de ce segment est point de condensation de l'ensemble E, c'est-à-dire que tout segment ab pris sur $0-1$ renferme une infinité non dénombrable de points de E.

N étant un entier supérieur à 1, partageons le segment ab en $2N-1$ intervalles égaux, soit $I(p_1)$ l'intervalle de rang $2p_1+1$ lorsqu'on va de a à b. Dans chacun des intervalles $I(p_1)$ prenons le point A_n de plus petit indice, il est intérieur à un segment $\varphi(n, 1)$, soit $\delta(p_1)$ la partie de cet intervalle qui est intérieure à $I(p_1)$. Les N intervalles $\delta(p_1)$ sont extérieurs les uns aux autres et appartiennent à $E(1)$. Recommençons la même opération à partir de chaque intervalle $\delta(p_1)$, mais en utilisant les fonctions $\varphi(n, 2)$ au lieu de $\varphi(n, 1)$ et ainsi de suite. Au bout de la $q^{\text{ième}}$ opération nous aurons N^q intervalles sans parties communes appartenant à $E(q)$: désignons par $\delta(p_1, p_2, \ldots, p_q)$ celui de ces intervalles qui se déduit de $\delta(p_1, \ldots, p_{q-1})$ en utilisant l'intervalle de rang $2p_q+1$; $\delta(p_1, p_2, \ldots, p_q)$ est entièrement intérieur à $\delta(p_1, p_2, \ldots, p_{q-1})$ et sa longueur est moindre que $\frac{ab}{(2N-1)^q}$. Soit c un nombre compris entre 0 et 1 et écrit dans le système de base N, soit i_q son $q^{\text{ième}}$ chiffre après la virgule (i_q pouvant être constamment nul à partir d'une certaine valeur de q), la suite des intervalles correspondants $\delta(i_1, i_2, \ldots, i_q)$ est illimitée et tous ces intervalles ont en commun un point C qui leur est intérieur, donc qui appartient à E. A un nombre c' différent de c correspond un point C' distinct de C, car les développements de c et c' étant différents à partir d'un certain rang, les intervalles correspondants se sépareront à partir de ce rang q. La propriété énoncée est donc démontrée.

On peut modifier cette démonstration de façon à mettre en évidence la relation entre la décroissance des intervalles $\varphi(n, q)$ et la plus ou moins grande densité des points de l'ensemble E. On est conduit à considérer les ensembles pour lesquels la suite des nombres $\varphi(n, q)$ est non croissante

(1) Voir BOREL, *Les ensembles de mesure nulle* (*Bulletin de la Société mathématique*, t. 41, 1913, p. 1-19) et *Leçons sur les fonctions monogènes*, Chap. IV.

pour chaque valeur de q, on dira que ces ensembles sont définis *normalement*. La répartition des points fondamentaux joue aussi un rôle important, elle est caractérisée par les deux fonctions suivantes :

1° Le plus petit écart $d(n)$ des points A_m d'indice inférieur ou égal à n;

2° Le plus grand $n(x)$ des indices des points de moindre indice contenus dans les segments de longueur x placés arbitrairement sur $0 - 1$.

On a toujours $n\,d(n) \leqq 1$ et $xn(x) \geqq 1$. Il existe d'ailleurs des distributions pour lesquelles $n\,d(n) > m$ et $xn(x) < m'$, la plus simple correspond au cas où les points A_n sont les points à développement borné dans le système de base N. On dira que la répartition est *normale* (¹) lorsque les deux inégalités précédentes sont vérifiées.

Un ensemble régulier sera dit *normal* lorsque la répartition des points fondamentaux sera normale et que l'ensemble sera normalement défini.

Pour les ensembles normaux, on obtient un résultat particulièrement simple. Remplaçons dans $\varphi(n, q)$ le nombre q par une fonction croissante de n, à croissance aussi lente que nous voudrons, remplaçons n par hn, h étant un nombre fini dépendant des nombres m et m' introduits ci-dessus, et considérons la fonction $f(n) = \frac{1}{h'}\varphi[hn, q(n)]$, h' étant un entier supérieur à 7. Si l'on considère un second ensemble E' ayant les mêmes points fondamentaux que l'ensemble E et défini par des intervalles $\psi(n, q)$ tels que chacun d'eux est intérieur à l'intervalle $\varphi(n, q)$ correspondant aux mêmes n et q et tels de plus que, quel que soit q, $\psi(n, q) \leqq f(n)$; l'ensemble E' est évidemment intérieur à E et l'ensemble E — E' des points de E n'appartenant pas à E' admet tout point du segment $0 - 1$ pour point de condensation.

Par exemple, si E est défini par $\varphi(n, q) = \frac{1}{n^2 + q}$, on pourra prendre pour définir E'

$$\psi(n, q) = \frac{1}{qn^2}.$$

Il résulte de là qu'il est légitime d'utiliser la fonction $\varphi(n, q)$ pour classer les ensembles de l'espèce considérée, à la condition de supposer que q est remplacé par une fonction croissante de n, l'ordre d'infinitude de $\frac{1}{\varphi(n, q)}$

(¹) Comparer la définition de M. Borel, article cité p. 11-13. Les deux conditions imposées à $d(n)$ et $n(x)$ sont complètement indépendantes.

écrit avec les notations de M. Borel pourra servir à caractériser l'ensemble. Mais cet ordre sera plus ou moins bien déterminé suivant la façon dont le paramètre q entre dans la fonction $\varphi(n, q)$, il sera par exemple mal déterminé si l'on prend

$$\varphi(n, q) = \frac{1}{nq}.$$

Il est clair que la méthode précédente s'applique au cas des ensembles à n dimensions réguliers et denses dans un domaine.

ÉLASTICITÉ. — *Solution élémentaire de la plaque rectangulaire encastrée, portant une charge uniformément répartie ou concentrée en son centre.* Note de M. **Mesnager**, présentée par M. Kœnigs.

I. On connaît la série trigonométrique, à coefficients A_{ij} tous de même signe, qui donne les déplacements verticaux w d'une plaque posée uniformément chargée. C'est pour une certaine charge

$$(1) \qquad w = \sum_i \sum_j A_{ij} \sin i \frac{\pi x}{a} \sin j \frac{\pi y}{b}, \qquad A_{ij} = \frac{1}{ij}\left(\frac{i^2}{a^2} + \frac{j^2}{b^2}\right)^{-2}.$$

(Pour avoir le cas d'une charge p, il suffira de multiplier les déplacements par la constante donnée par de Saint-Venant, traduction de Clebsch, p. 747.)

L'équation de la plaque encastrée peut s'écrire sous la forme

$$w_1 = w + w_x + w_y,$$

w_x est fourni par une série de la même forme que w, le coefficient B_{ij} de cette série a pour valeur

$$(2) \qquad B_{ij} = -MA_{ij} + NMA_{ij} - MNMA_{ij} + NMNMA_{ij} - \ldots.$$

Les opérateurs M et N sont définis par

$$M = \frac{iI}{D}\sum_i, \quad N = \frac{jJ}{D}\sum_j, \quad D = \left(\frac{i^2}{a^2} + \frac{j^2}{b^2}\right)^2, \quad I = \left(\sum_i \frac{i^2}{D}\right)^{-1}, \quad J = \left(\sum_j \frac{j^2}{D}\right)^{-1};$$

w_y se déduit de w_x en permutant x avec y, a avec b, i avec j.

Démonstration. — La méthode consiste à prendre les déplacements w de la plaque uniformément chargée et à y ajouter : 1° les déplacements verticaux w_x d'une plaque non chargée encastrée sur les côtés parallèles à Ox

et ayant une inclinaison $-\frac{\partial w}{\partial x}$ sur $x=0$ et $x=a$; 2° les déplacements verticaux w_y d'une plaque non chargée encastrée sur les côtés parallèles à Oy et ayant une inclinaison $-\frac{\partial w}{\partial y}$ sur $y=0$ et $y=b$.

Pour déterminer l'équation de w_x, je considère :

1° Les déplacements verticaux w'_x d'une plaque non chargée articulée sur les côtés parallèles à Ox et ayant les inclinaisons $-\frac{\partial w}{\partial x}$ sur les autres;

2° Les déplacements verticaux w''_x d'une plaque non chargée articulée sur les côtés parallèles à Oy et ayant les inclinaisons $-\frac{\partial w'_x}{\partial y}$ sur les autres;

3° Les déplacements verticaux w'''_x d'une troisième plaque dépendant de w''_x comme w'_x dépend de w au 1°, et ainsi de suite indéfiniment. Je pose

$$w_x = w_x + w''_x + w'''_x + \ldots.$$

J'opère de la même façon pour déterminer w_y.

Dans une des plaques $w_x^{(n)}$, il faut :

a. Chercher la forme des coefficients, sans se préoccuper de la convergence;

b. Montrer que les séries w'_x, w''_x, w'''_x, ... sont convergentes ainsi que celles des dérivées premières et secondes;

c. Remarquer que le signe des déplacements change avec la parité de n, et que ces déplacements tendent vers zéro quand n croît.

Il en résultera que l'ordonnée w_x a une limite définie, que la plaque w_x est bien encastrée sur les côtés parallèles à Ox et a l'inclinaison $-\frac{\partial w}{\partial x}$ sur les autres, enfin qu'on peut réunir ensemble tous les termes de w_x qui renferment des sinus égaux. L'énoncé se trouvera ainsi justifié.

Reprenons *a*, *b*, *c* :

a. En utilisant une remarque que j'ai précédemment faite ([1]), je trouve pour la plaque non chargée subissant des moments sur les côtés $x=0$ et $x=a$, posée sur les autres,

$$w'_x = \sum_i \sum_j i B'_j D^{-1} \sin i \frac{\pi x}{a} \sin j \frac{\pi y}{b}.$$

En écrivant les conditions à satisfaire pour l'inclinaison, j'obtiens

$$B'_j = -M A_{ij}.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 991.

De même pour le coefficient de w''_x,

$$B''_i = - NB'_j = NMA_{ij}, \text{ etc.}$$

b. En utilisant une formule de M. Estanave ([1]) ou en calculant directement la série par une équation différentielle facile à établir, on reconnaît que les coefficients B'_j, B''_i, B'''_j, ... sont inférieurs alternativement à l'une des expressions $Cij^{-3}D^{-1}$ ou $Ci^{-3}jD^{-1}$ (C désignant une constante). Or, on sait que ces expressions donnent des séries trigonométriques doubles absolument convergentes. De plus, elles ont le signe de leurs coefficients, ces coefficients tendant vers zéro pour $i+j$ tendant vers l'infini. Les séries, formées avec les dérivées des termes des précédentes, sont aussi absolument convergentes. Cela justifie la marche suivie pour calculer les coefficients de w'_x, w''_x, ...

c. Le signe des déplacements change avec la parité de n, car le signe mis devant ces expressions positives change.

La surface a partout, parallèlement à Ox et Oy, une convexité de même signe, car les dérivées secondes de w'_x, w''_x, ... sont encore convergentes et ont le signe des coefficients. L'inclinaison sur un côté est donc représentée par une courbe convexe. D'autre part, l'inclinaison moyenne tend vers zéro (le calcul l'indique), donc l'inclinaison maximum, inférieure dans le cas de convexité au double de l'inclinaison moyenne, tend aussi vers zéro quand on avance dans la suite des plaques $w_x^{(n)}$. On en déduit facilement que l'ordonnée $w_x^{(n)}$ en un point quelconque de la plaque a pour limite zéro si n est infinie. Par conséquent la série à signes alternés $w_x = w'_x + w''_x + \ldots$ a une valeur bien définie.

II. En suivant la même marche, on obtient de manière analogue les équations de la plaque rectangulaire chargée au centre.

ASTRONOMIE. — *Causes possibles de la courbe de lumière et de la pulsation des Céphéides : application au noyau solaire primitif.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

On attribue maintenant avec Shapley la cause de la variation des étoiles du type δ Céphée à une vibration de masse ou pulsation : les changements non périodiques dans la courbe de lumière, la couleur ou le type spectral

([1]) Hermann, *Sommation de quelques séries trigonométriques*, 1903, p. 49.

paraissent en effet incompatibles avec l'hypothèse que ces étoiles soient des variables à éclipse. Mais les causes de la pulsation et de l'accroissement de lumière plus rapide que sa diminution restent à élucider : Moulton a suggéré qu'une étoile renflée alternativement à l'équateur et aux pôles présente un maximum calorifique quand elle passe par la forme sphérique, ce qui produirait deux maxima de lumière par période.

Soit une sphère gazeuze de rayon a dont le rayon équatorial varie périodiquement de $a+\varepsilon$ à $a-\varepsilon$, le volume ellipsoïdal restant constant. En négligeant le carré de ε, le rayon polaire variera de $a-2\varepsilon$ à $a+2\varepsilon$. La surface apparente variera de $\pi a^3 : a+\varepsilon$ à $\pi a^3 : a-\varepsilon$ si le rayon visuel est dans l'équateur et de $\pi(a+\varepsilon)^2$ à $\pi(a-\varepsilon)^2$ s'il coïncide avec l'axe polaire. Dans les deux cas, la courbe de lumière aura une allure sinusoïdale. On sait que si la déformation ellipsoïdale est faible, l'ellipsoïde coupe la sphère suivant le parallèle de latitude λ telle que

$$\sin\lambda = 1 : \sqrt{3} = 0,577 \qquad (\lambda = 35^\circ 12').$$

Un calcul facile par la théorie des diamètres conjugués dans l'ellipse montre que si le rayon visuel fait l'angle λ avec le plan équatorial, la surface apparente varie de $\frac{\pi(a+\varepsilon)^2(a-2\varepsilon)}{a}$ à $\frac{\pi(a-\varepsilon)^2(a+2\varepsilon)}{a}$ suivant qu'on voit le sphéroïde renflé à l'équateur ou aux pôles. Quel que soit ε, la première expression est toujours inférieure à la seconde : ainsi quand l'angle du rayon visuel avec l'équateur varie de zéro à $35^\circ 12'$, la courbe de lumière a son maximum correspondant au renflement polaire. La probabilité pour que ce cas soit réellement observé peut, d'après ce qui précède, être mesurée par 0,577 si la probabilité inverse (rayon visuel voisin de l'axe polaire) se chiffre par 0,423.

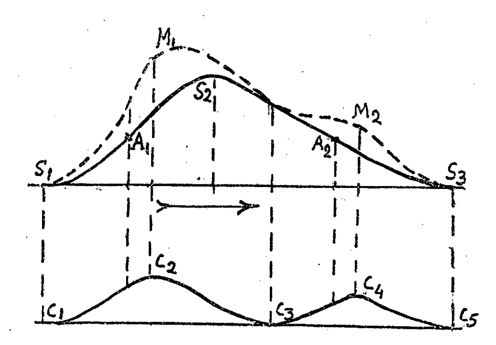
D'ailleurs, il est possible, puisque les Céphéides seules ont permis de déterminer le pôle de la Voie lactée, que leur axe soit en moyenne perpendiculaire à son plan, ce qui expliquerait que nous les voyons dans une direction s'écartant peu de leur équateur. C'est donc ce cas qui va nous occuper maintenant.

La fraction 0,577 mesure la surface sphérique du renflement équatorial d'épaisseur maxima ε et la fraction 0,423 celle du renflement polaire d'épaisseur maxima 2ε. Il en résulte que les molécules du renflement équatorial sont en moyenne plus près du centre d'attraction que celles de même masse totale des renflements polaires. Dès lors, la gravitation agira plus vite pour diminuer le renflement équatorial que pour déprimer les ren-

flements polaires. Ainsi la courbe de lumière, pour un observateur placé près de l'équateur, sera dissymétrique, la courbe ascendante ayant moins de durée que la courbe descendante, ce qui est précisément le cas des Céphéides (courbe $S_1 S_2 S_3$).

Mais ce n'est pas tout; la chaleur due à la contraction, suivant la théorie de Moulton, sera plus grande pendant la diminution du renflement équatorial, produite plus vite que pendant la dépression des renflements polaires. Cette chaleur de contraction, très faible à la surface, aura son maximum dans les couches denses à une certaine profondeur et ne pourra atteindre la surface et en augmenter l'éclat qu'au bout d'un certain temps.

Si donc dans la sinusoïde dissymétrique $S_1 S_2 S_3$, A_1 et A_2 équidistants de $S_1 S_2$ et $S_2 S_3$ figurent les instants de passage par la forme sphérique, la



courbe de chaleur $C_1 C_2 C_3 C_4 C_5$ devra avoir ses maxima inégaux C_2, C_4, décalés par rapport aux ordonnées A_1, A_2, pour traduire l'effet de retard de l'apparition à la surface de cette courbe d'augmentation de l'éclat. Finalement la courbe observée $S_1 M_1 M_2 S_3$ résultera de la superposition de ces deux sinusoïdes irrégulières; elle aura un maximum dominant M_1 plus près de S_1 que de S_3 et pourra avoir un maximum secondaire M_2. Les maxima C_2, C_4 de la courbe calorifique ne se transmettent à la surface qu'à travers des couches profondes dont les mouvements sont variables et produiront des irrégularités dans la courbe de lumière comme on en a observé pour plusieurs Céphéides (ζ Gémeaux, w Sagittaire, γ Ophiuchus, $\chi\chi$ Cygne, η Aigle).

La durée T de pulsation d'une sphère gazeuse, d'après Emden, varie en raison inverse de la racine carrée de sa densité moyenne, ce qui a permis à Hertzprung et Shapley de calculer la densité moyenne (en fonction de celle du Soleil) 6×10^{-5} des Céphéides du type solaire et de masse comparable à celle du Soleil. La loi des distances planétaires donne le rayon

(62 rayons solaires) du noyau S du Soleil primitif : après sa traversée dans la nébuleuse, la masse de ce noyau devait différer peu de celle du Soleil. Sa densité rapportée à celle du Soleil était donc $D = 1 : 62^3$ ou $4{,}2 \times 10^{-6}$, peu différente de celle de binaires à éclipse du type G (densité de W, Croix $= 3 \times 10^{-6}$). Inversement, la densité D permet de calculer la durée de pulsation moyenne T_s du noyau S. On trouve $T_s = 41^j{,}0$.

La loi des distances planétaires donne 14 pulsations entre celle qui a produit l'émission de la nappe de Neptune et l'arrivée du noyau S dans l'écliptique, la durée minima de son parcours dans la nébuleuse aurait donc été $41^j \times 14 = 564^j$ ou $1^{an}{,}54$. Par une méthode entièrement différente, j'ai trouvé [1] $1^{an}{,}56 < T < 2^{ans}{,}16$.

Ces durées sont du même ordre que celles de l'épanouissement des Novæ jusqu'au stade d'étoiles Wolff-Rayet.

Ces rapprochements inattendus entre la densité des Céphéides du type solaire et celle du noyau S, ainsi qu'entre leurs durées de pulsation, conduisent à supposer que les Céphéides doivent, comme S, leur pulsation au choc sur la nébuleuse amorphe qui a produit les branches spirales de la Voie lactée, suivant la théorie indiquée dans une Note précédente.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse du Soleil du* 22 *novembre* 1919, *à l'Observatoire astronomique de l'Université de Valence* (*Espagne*). Note de M. I. **Tarazona**, présentée par M. Bigourdan.

L'observation de l'éclipse annulaire de Soleil du 22 novembre dernier a été faite avec l'équatorial Grubb installé dans cet Observatoire. L'oculaire employé était le moins puissant, permettant d'obtenir l'image totale solaire dans le champ instrumental.

L'observation a été faite par projection, sur un écran blanc portant un cercle de 10^{cm} de diamètre, deux axes rectangulaires NS, EW, et un rayon formant avec la direction N l'angle 238° calculé, d'après la *Connaissance des Temps pour* 1919, comme valeur de l'angle de position du point de premier contact pour le lieu d'observation.

L'orientation de la ligne EW, parallèle céleste décrit par le Soleil, a été confirmée avant l'éclipse par l'observation d'une petite tache solaire qui se montrait tout près du bord oriental.

Le ciel était clair, sans nuages aux environs du Soleil. Par contre, l'image

[1] *Essai de Cosmogonie tourbillonnaire*, p. 73.

de celui-ci présentait une forte oscillation, comme le montrent aussi les photographies du phénomène obtenues par M. Marti.

L'observation de l'heure du premier contact a été faite sur chronomètre de temps moyen, contrôlé par comparaison avec un chronomètre sidéral et avec une pendule garde-temps, dont le mouvement et la correction absolue étaient connus par les signaux horaires radiotélégraphiques de l'Observatoire de Paris, transmis le 21 à 10^h45^m, le 22 à 10^h0^m et le 23 à 10^h45^m. Par une cause encore inconnue, nous n'avons pas entendu les signaux horaires du 22 à 23^h15^m; c'est peut-être la première fois, depuis 1913, que nous sommes surpris par cet accident.

Les coordonnées géographiques provisoires de l'Observatoire sont : $\varphi = +39°28'17''$ et longitude (W. Greenw.) $= 1^m29^s,4$; on a trouvé $15^h25^m1^s,0$ pour l'époque du premier contact, qui s'est produit au point calculé 238° à partir du bord N, en allant vers l'Est. Quant à l'heure du contact, voici le résultat de mon observation :

	Temps moyen civil de Greenwich.		
	Observation.	Calcul.	O.—C.
Premier contact........	$15^h24^m52^s,6$	$15^h25^m1^s,0$	$-8^s,4$

M. V. Marti, observant l'éclipse dans les mêmes circonstances, estima la morsure 2 secondes plus tôt.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1919. Note de M. J. Guillaume, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 81 jours d'observations dans ce trimestre, et l'on en déduit les principaux faits que voici :

Taches. — La seconde moitié de ce trimestre a été marquée par une recrudescence d'activité telle, qu'il faut remonter à l'année du dernier *maximum*, en 1917, pour rencontrer un développement comparable.

Au total, on a noté 78 groupes et une surface totale de 8984 millionièmes, contre 63 groupes et 5613 millionièmes, précédemment (¹).

L'augmentation du nombre de groupes, dans chaque hémisphère, est de 12 au Sud (42 au lieu de 30) et de 3 au Nord (36 au lieu de 33).

Des trois groupes suivants, visibles à l'œil nu :

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 57.

Mai	9,0 à + 7° de latitude,
Mai	19,3 à +15° »
Juin	18,5 à −17° »

les deux derniers ont été plus importants que le premier.

La diminution de la latitude moyenne des taches est presque insensible au sud de l'équateur, avec −12°,4 au lieu de −12°,6, tandis qu'elle est accentuée au nord, avec + 10°,9 au lieu de + 11°,9.

Régions d'activité. — On a enregistré 147 groupes de facules avec une aire totale de 169,2 millièmes, au lieu de 124 groupes et 150,6 millièmes.

La répartition de cette augmentation est plus forte du double, environ, dans l'hémisphère austral (16) que dans l'autre hémisphère (7), avec 79 groupes au lieu de 63, et 68 au lieu de 61, respectivement.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
Avril 1919. — 0,00.					
27- 6	6	2,2	−20		27
6	1	4,6	− 8		10
2-11	9	5,8		+ 6	215
3-10	6	5,8	− 5		12
2- 6	4	5,9	−14		41
3-10	7	8,0		+ 9	13
7-15	7	10,0		+14	153
9-14	2	10,5	−13		6
7	1	11,6	− 8		14
14-21	8	16,4		+ 3	71
16-17	2	16,9		+ 8	5
23-28	5	23,0		+14	147
21-29	8	23,7	−14		110
25-30	6	25,1	−20		17
19-30	11	25,8	−19		252
25- 6	10	30,7	−11		190
	25 j.		−13°,2	+ 9°,0	
Mai. — 0,00.					
27- 8	10	2,9		+ 6	106
28- 9	10	3,0	−18		240
10	1	5,2	−16		13
5	1	6,7	−12		4
4-13	10	8,0	− 6		134
4-14	11	9,0		+ 7	645
5-14	10	9,6		+13	72
6-17	11	12,2	−17		206
8-14	7	12,7	−10		92
16-17	2	13,4	− 7		6
18	1	13,7		+ 1	11
13-25	12	19,3		+14	1126
17-26	10	20,9	− 8		121
Mai (suite).					
16-25	10	21,0	− 5		206
19-28	7	22,4	−19		90
17-27	11	23,6	−20		51
18-25	8	24,0	−14		56
26-28	3	24,3	− 6		24
26-29	4	28,5	−12		15
24- 4	12	30,0		+10	70
29- 6	8	31,3	− 7		126
27	1	31,5		+ 8	4
	28 j.		−11°,8	+ 8°,4	
Juin. — 0,00.					
31- 4	5	1,1		+15	19
29- 4	7	1,9		+12	17
4- 7	3	1,9		+ 7	252
6	1	3,0	−22		37
4	1	3,3		+ 8	2
30-10	11	4,9		+ 7	218
30- 9	10	5,1		+16	22
2-10	8	5,4		+23	193
6- 9	4	5,9	− 9		52
2- 9	7	6,7	−19		7
2- 9	6	7,1	− 8		107
6	1	7,5		+16	2
4	1	8,1	−13		6
7-13	4	8,8	−16		25
10-14	4	9,1		+15	47
13-15	3	10,4		+20	10
13-14	2	14,0		+12	20
9-21	12	15,4		+13	496
10-19	9	16,1	−18		58

Tableau I. — *Taches* (suite).

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juin (suite).			
10-18	8	16,3	−7		24
13-20	7	17,2	−4		17
15	1	17,9		+6	8
18-24	7	18,1		+14	169
13-24	12	18,5	−17		1061
16-25	10	20,4		+8	227
25	1	20,8		+16	5
19-24	5	21,3		+9	39
21-26	6	21,5	−17		45
27	1	22,1		+20	39
20-27	8	22,2	−8		126
		Juin (suite).			
24-29	6	23,9		+7	85
22-29	8	24,0		+13	85
25-30	6	24,3	−7		149
21-30	10	24,6	−12		184
22-23	2	25,9		+12	3
21- 3	13	27,1	−9		169
22- 4	13	28,3		+4	130
2	1	28,4	−9		3
1- 2	2	29,4		+6	6
27- 5	6	29,8	−15		119
	28 j.		−12°,4	+12°,1	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1919	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril.......	»	»	»	7	3	10	6	4	2	»	»	»	16	1283
Mai.........	»	»	»	8	7	15	7	5	2	»	»	»	22	3418
Juin........	»	»	1	8	8	17	23	9	13	1	»	»	40	4283
Totaux ...	»	»	1	23	18	42	36	18	17	1	»	»	78	8984

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1919.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril.......	»	»	4	7	8	19	22	6	11	5	»	»	41	47,2
Mai.........	»	»	1	15	10	26	21	9	6	5	1	»	47	49,7
Juin........	»	1	3	16	14	34	25	6	18	1	»	»	59	72,3
Totaux....	»	1	8	38	32	79	68	21	35	11	1	»	147	169,2

THERMODYNAMIQUE. — *Recherche d'une équation caractéristique appropriée à l'air atmosphérique.* Note (¹) de M. **Ed. Fouché**, présentée par M. Sebert.

Les données expérimentales relatives à l'air atmosphérique sont trop peu nombreuses pour permettre de résoudre les problèmes qui se posent dans les applications pratiques aux basses températures.

J'ai entrepris de combler par le calcul cette lacune expérimentale, et, en

(¹) Séance du 1er décembre 1919.

partant des expériences connues de Witkowski, qui s'étendent de 1^{atm} à 130^{atm} et de -145° à $+100^{\circ}$, d'en déduire, à l'aide des lois de la Thermodynamique, tous les coefficients présentant une utilité pratique.

A cet effet, j'ai cherché à établir une équation caractéristique telle que le gaz fictif représenté par cette équation et que, pour éviter toute confusion, j'appellerai *aéroïde*, soit par ses propriétés physiques aussi voisin que possible de l'air.

L'équation caractéristique adoptée est de la forme de celle de Clausius :

$$\left[p + \frac{\varphi}{(v+n)^2}\right](v-b) = \mathrm{RT},$$

φ étant une fonction de T seulement, et n, b, R des constantes.

La constante R est déterminée en premier lieu à l'aide des données à 100° et 1^{atm}, conditions dans lesquelles on peut, avec une très grande approximation, supposer que le gaz est parfait et que l'équation caractéristique se réduit à $pv = \mathrm{RT}$.

Si maintenant on prend deux expériences de Witkowski à une même température, la fonction φ de T, ayant alors la même valeur, peut être éliminée et il reste une relation entre b et n qui se représente graphiquement par une courbe. En combinant deux à deux un grand nombre d'expériences, on devrait voir toutes les courbes ainsi obtenues se croiser en un point ou tout au moins se concentrer en une région ayant comme coordonnées moyennes les valeurs cherchées de b et de n. Or, il n'en est pas ainsi, et la confusion des lignes est telle qu'on ne peut tirer de ce tracé aucune indication, même très vague, sur les valeurs probables de b et de n.

A propos de cette indécision, on peut rappeler les études faites par Sarrau dans le même ordre d'idées à l'aide des expériences d'Amagat, en 1882 et 1890 ([1]). Ce savant a trouvé pour le covolume de l'azote, à l'aide d'expériences variant de 40^{atm} à 300^{atm}, la valeur 0,00179 (en volume normal, c'est-à-dire $v = 1$ pour 0° et 1^{atm}), et plus tard à l'aide d'expériences de 750^{atm} à 3000^{atm}, la valeur 0,00128 en diminution de 28 pour 100 sur la première ([2]).

Pour résoudre cette difficulté, j'ai repris la même méthode, non plus

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **94**, 1882, p. 640, 718, 845; et t. **110**, 1890, p. 880.

([2]) Dans la première série de Notes (1882), par suite d'une erreur matérielle, la valeur du covolume de l'azote est indiquée comme étant 0,001359. C'est en refaisant les calculs indiqués par l'auteur que l'on obtient le chiffre 0,00179.

avec l'ensemble des expériences, mais pour chaque isotherme séparément.

Si la même incertitude se retrouve pour les températures élevées, par contre les températures de $-78°,5$, $-103°,5$ $-130°$ et $-135°$, fournissent des points de convergence bien caractérisés, qui permettent de fixer assez exactement les valeurs de b et de n correspondant à chacune de ces températures; celles de $-140°$ et $-145°$, pour lesquelles les expériences ne s'étendent que jusqu'à 40 et 29 atmosphères et correspondent à la liquéfaction, ne fournissent aucune indication. Les chiffres ainsi trouvés sont les suivants, les volumes étant exprimés en mètres cubes et se rapportant à 1^{kg} d'air :

	−78°,5.	−103°,5.	−130°.	−135°.
b	0,00107	0,00095	0,00078	0,00066
n	0,00006	0,00021	0,00042	0,00058

La netteté de la détermination de ces valeurs de b et de n montre que la formule de Clausius pourrait représenter la loi de compressibilité de l'air d'une façon remarquablement exacte si l'on donnait à b et n les valeurs qui correspondent à chaque température. Celles de b, en particulier, qui diminuent en même temps que la température, semblent tendre vers zéro ou une valeur très petite pour le zéro absolu ($-273°$). Mais cette hypothèse ($b =$ fonction de T) se heurte à deux objections.

La première c'est qu'à $-192°$ pour l'air liquide on serait conduit, pour une trop petite valeur de b, à un coefficient de compressibilité du liquide tout à fait exagéré, 20 ou 30 fois plus élevé que celui que l'on est en droit de supposer par comparaison avec d'autres liquides.

La deuxième objection c'est que, si l'on suppose b fonction de T, on arrive par les formules de la thermodynamique, pour des pressions suffisamment élevées et quelle que soit la température, à des valeurs négatives de la chaleur spécifique sous volume constant, ce qui me paraît tout à fait inadmissible.

J'ai été ainsi conduit à supposer que les variations trouvées dans la détermination de b résultent du fait que l'air, étant un mélange, a une loi de compressibilité beaucoup trop compliquée pour que l'équation adoptée soit capable de la représenter exactement, à moins que la difficulté ne provienne d'erreurs d'expérience. Quoi qu'il en soit, devant l'obligation de prendre pour b, et conséquemment pour n, des valeurs constantes, j'ai adopté les moyennes entre les valeurs ci-dessus, soit

$$b = 0,00085 \quad \text{et} \quad n = 0,00035.$$

Reste à déterminer la fonction φ. En substituant à p, v, T dans l'équation

caractéristique les valeurs simultanées de ces variables correspondant à une des expériences, on a une équation qui donne la valeur de φ pour la température T. J'ai fait le calcul deux fois pour chaque température à des pressions moyennes et élevées; j'ai calculé en outre la valeur de φ à $-194°$ en adoptant pour le volume spécifique de l'air liquide la valeur 0,00108.

Les valeurs de φ ainsi trouvées ne peuvent être représentées par la formule primitive de Clausius $\frac{a}{T}$; celle de Sarrau, $k\varepsilon^{-T}$, est déjà très satisfaisante, mais je suis arrivé à un résultat bien plus exact encore, en représentant φ par l'expression $\beta - \alpha$ log vulg. T.

Cette expression de φ est purement empirique et n'a aucun caractère de généralité, car pour des grandes valeurs de T (à partir de 718°) elle devient négative; mais son champ d'utilisation est suffisamment étendu pour les besoins des applications pratiques.

Voici maintenant, comme conclusion, les résultats de ces diverses déterminations :

Equation caractéristique de l'aéroïde :

$$\left(p + \frac{\varphi}{(v+n)^2}\right)(v - b) = \mathrm{RT}.$$

p = pression en kilogrammes par mètre carré; v = volume de 1^{kg} du fluide; $b = 0,000850$; $n = 0,000350$; $\mathrm{R} = 29,3$; $\varphi = \beta - \alpha$ log vulg. T ($\alpha = 18,662$; $\beta = 55,914$).

Les isothermes de l'aéroïde tracées d'après cette équation correspondent en général très exactement à celles de l'air. Il n'y a de différence sensible que dans la zone critique.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'origine des radiations lumineuses émises par les vapeurs dans un four électrique à tube de résistance*. Note de M. **G.-A. Hemsalech**, présentée par M. A. de Gramont.

Nous avons vu [1] qu'avec une seule lame de graphite portée à une haute température par un courant électrique, la frange rouge [2] apparaît seulement vers 3000° C. quand la chute de potentiel le long de la lame est d'environ 7 volts : cm. Avec ce dispositif, les vapeurs provenant du graphite

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 915 et 1034.
(2) Les bandes diffuses dans le rouge sont dues au carbure de calcium.

et surtout du carborundum dont est recouverte la lame, sont exposées aux courants d'air, ce qui influe sensiblement et sur leur température et sur leur degré d'ionisation. De plus, le champ magnétique établi autour de la lame par le courant de chauffage s'oppose à la formation de la frange rouge. Dans une nouvelle série d'expériences deux lames parallèles, ayant chacune une épaisseur de $0^{mm},55$, furent fixées à une distance de 5^{mm} l'une au-dessous de l'autre et parcourues par des courants d'intensité égale, de sorte que la chute de potentiel était la même pour chaque lame. Il est facile de voir qu'avec un tel dispositif les vapeurs, contenues dans l'espace entre les deux lames, sont mieux protégées contre l'action refroidissante des courants d'air. Par conséquent, pour une température donnée, l'ionisation de ces vapeurs sera plus parfaite et la chute de potentiel moindre qu'avec une seule lame. Si l'effet photo-électrique entre dans la production de la frange rouge, son action doit être également plus efficace dans le cas des deux lames. Enfin les champs magnétiques établis autour de chaque lame par le courant de chauffage agissent en sens opposé à l'intérieur et, de ce fait, leur action s'annule ou presque, de sorte que le courant thermélectronique peut passer à travers les vapeurs ionisées sans entrave. Les phénomènes lumineux et spectraux observés à l'intérieur du dispositif à deux lames sont tout à fait en rapport avec l'état supérieur d'ionisation et l'absence d'un champ magnétique appréciable. Ainsi, j'ai obtenu la frange rouge déjà à la température de 2200° C. avec une chute de potentiel de seulement 4 volts : cm, et, au lieu d'être retenue au voisinage immédiat des lames, elle remplit tout l'espace entre elles. C'est donc une amélioration notable sur le dispositif à une seule lame, en ce qui concerne les conditions régissant la propagation du courant thermélectronique et la formation de la frange rouge. Mais nous pouvons, encore davantage, faciliter la production de ce phénomène en fermant également les côtés ouverts de l'espace entre les deux lames, et nous sommes ainsi conduits au cas présenté par un tube à paroi de graphite ou autre matière résistante. Nous pouvons, en effet, considérer qu'en courbant une lame dans toute sa longueur de telle manière que ses bords viennent à se toucher, l'objet ainsi formé constituera un tube. La surface inférieure de la lame originale, au voisinage de laquelle se produisait la frange rouge, deviendra maintenant la face intérieure d'un tube et la frange rouge, ainsi que la vapeur lumineuse, se développeront dans une enceinte complètement à l'abri des courants d'air. Donc, dans un four électrique à tube de résistance, nous devons nous attendre à observer les phénomènes lumineux et spectraux,

causés par le courant thermélectronique, à des températures et avec des chutes de potentiel encore moindres que celles nécessitées par le dispositif à deux lames. Car, outre le fait que l'ionisation des vapeurs dans un tel tube est plus grande que dans le cas précédent, le champ magnétique dû au courant de chauffage est, comme on sait, égal à zéro à l'intérieur d'un conducteur tubulaire. Les conclusions de ces considérations sont amplement corroborées par les résultats expérimentaux, car, à l'aide d'un four électrique à tube en carbone, j'ai observé que les vapeurs donnent une lumière pourprée et émettent les bandes caractéristiques de la frange rouge déjà vers 2100° C. avec une chute de potentiel de moins de 1 volt : cm.

De même, le développement progressif des bandes du carbone a lieu dans le même ordre qu'avec une seule lame, mais leur apparition est de beaucoup avancée dans le tube, puisque les premières traces de la bande 3883 apparaissent déjà à 1900° C., et le spectre est au complet vers 2600° avec l'émission des bandes de Swan. Je n'ai pas observé les raies du titane et du vanadium avec un tube de carbone, qui ne contenait probablement pas ces éléments comme impuretés. Mais il est important de signaler le fait que les raies de ces deux métaux ont été relevées comme impuretés dans un four électrique à tube de graphite par M. King [1]. Donc, toutes les bandes et raies caractéristiques de la frange rouge, lesquelles, comme je l'ai démontré antérieurement, sont directement causées par le courant thermélectronique, se retrouvent dans un four électrique à tube de résistance. Mais, par suite d'une ionisation plus efficace des vapeurs et de l'absence complète d'un champ magnétique, leur émission a lieu à des températures et des chutes de potentiel relativement faibles.

Outre le spectre de la frange rouge, j'ai observé dans le four tubulaire un grand nombre de raies dues à des impuretés contenues dans le carbone; ce sont notamment Al, Ca, Mn, K, Sr, Pb, Cr et Fe. Or, j'ai constaté que les spectres que donnent ces éléments dans le tube et dans la vapeur lumineuse au-dessous d'une lame de graphite sont exactement du même type. Par conséquent, dans le four tubulaire, ces deux spectres sont également causés par l'action de la chaleur sur des composés (probablement des carbures) et, comme je l'ai déjà démontré pour le fer [2], ils sont régis par la température de la surface intérieure du tube.

Il est évident que, dans le four, le spectre causé par le courant thermélec-

---

(1) A.-S. King, *Astrophysical Journal,* t. 37, 1913, p. 250.
(2) Hemsalech, *Phil. Mag.*, t. 36, 1918, p. 209.

tronique et celui de la vapeur lumineuse sont toujours superposés. C'est sans doute pour cette raison que la duplication de l'émission spectrale a si longtemps échappé à l'attention des observateurs. Avec le dispositif à lame unique, le spectre causé par le courant thermélectronique, grâce au champ magnétique dû au courant de chauffage, n'est visible qu'au voisinage immédiat de la lame, tandis que les raies et les bandes de la vapeur lumineuse passent à une certaine distance, ce qui a permis de prouver directement l'existence indépendante de chacune de ces deux émissions.

En résumé, ces expériences établissent le fait que le spectre émis par les vapeurs à l'intérieur d'un four électrique à tube de résistance est causé par deux émissions indépendantes dont l'une est régie par des actions d'ordre thermique et l'autre par celles d'ordre électrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un appareil permettant de réaliser dans un temps très court des mélanges liquides homogènes.* Note [1] de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsque l'on cherche à préparer certains précipités en mélangeant les deux liquides qui y donnent naissance, on est frappé du manque de constance de la composition des solides qui se forment. Ce phénomène s'explique très aisément, en remarquant que deux liquides A et B qui se mélangent dans des conditions inconnues présentent, à une époque donnée, en un point de leur masse convenablement choisi, des compositions quelconques intermédiaires entre les compositions des liquides précipitants (tant que la précipitation n'est pas amorcée). Il s'ensuit que le précipité prend naissance dans un milieu de composition variable; comme, de plus, sa vitesse de formation n'est pas infiniment grande, mais a une valeur limitée qui dépend de la nature des corps en présence et des conditions physiques, on ne doit pas s'étonner d'obtenir, par un mélange des liquides précipitants fait sans précaution, des précipités dont la composition est inconstante.

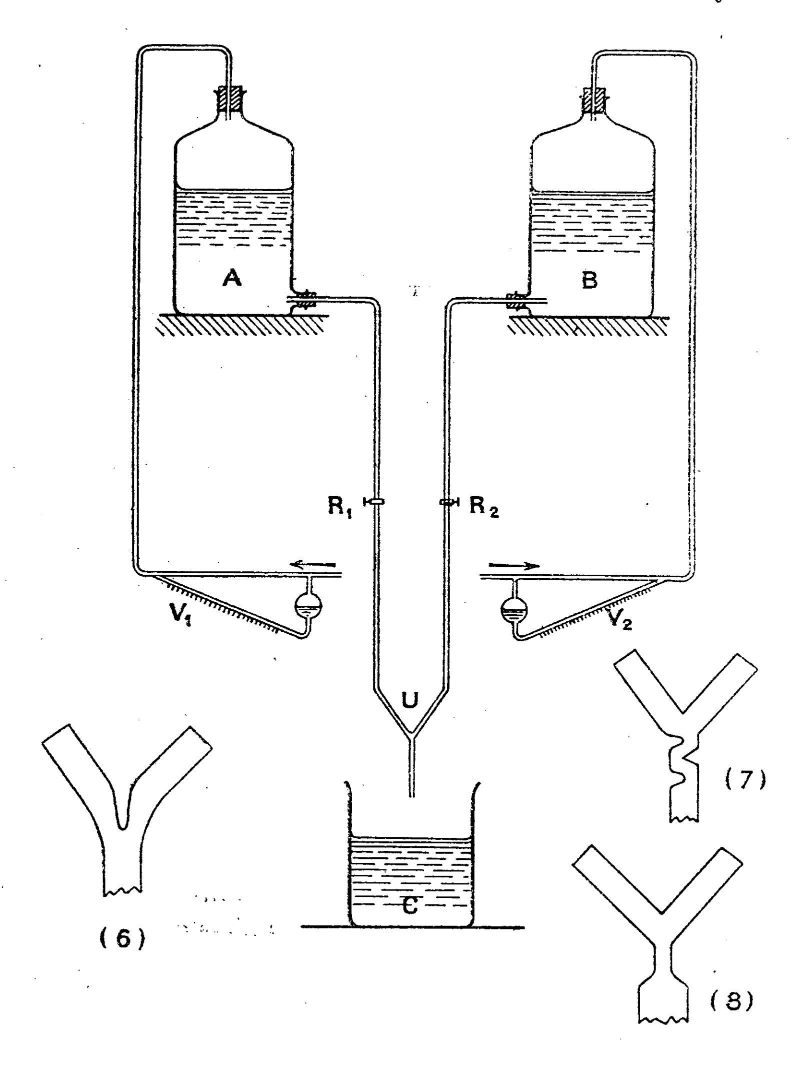
Ces phénomènes se montrent avec une grande netteté lorsque l'on cherche à obtenir, par précipitation, des silicates, des phosphates, des borates, des carbonates, des sulfates, etc. de métaux susceptibles de donner naissance à plusieurs sels de basicité différente.

C'est dans le but de réaliser le mélange rapide et homogène des liquides que nous avons imaginé l'appareil qui fait l'objet de cette Note.

---

[1] Séance du 24 novembre 1919.

Le principe très simple de la méthode consiste à faire arriver les deux liquides A et B par les deux branches d'un tube en Y afin qu'ils se mélangent dans la troisième branche. En faisant varier au moyen des robi-



nets R_1 et R_2 la vitesse du débit de chacun des liquides on peut réaliser la proportion que l'on désire dans le mélange des liquides A et B.

Afin de mesurer le débit de chacun des liquides A et B, la rentrée de l'air dans les flacons qui les contiennent se fait par l'intermédiaire d'un tube de Venturi que l'on gradue expérimentalement en débits du liquide de chacun des récipients.

Si la hauteur verticale UA est grande ($1^m,50$ environ) et si le rapport de la section des récipients à celle des tubes d'écoulement est considérable (300 par exemple), le débit se maintient constant pendant plusieurs minutes.

Influence de la forme du tube mélangeur sur la vitesse d'homogénéité. — Afin de nous rendre compte de la rapidité avec laquelle se fait le mélange nous avons choisi une réaction colorée très rapide. Dans le flacon A nous avons introduit une solution de permanganate de potassium à $1^g,58$ par litre; dans le flacon B une solution de sulfate ferreux à 15^g par litre contenant 50^{cm^3} de SO^4H^2 concentré et 10^g de sulfate de manganèse par litre. La décoloration du permanganate par cette liqueur qui est 1,1 [1] plus concentrée qu'il ne convient pour réagir volumes à volumes est très rapide en présence du sulfate de manganèse qui sert de catalyseur. On peut donc admettre que le liquide est sensiblement homogène dans les régions du tube où il sera incolore.

Le Tableau suivant rend compte des résultats que nous avons obtenus en faisant varier le diamètre du tube d'écoulement (3e branche de l'Y) pour un débit constant de 500^{cm^3} par minute pour chaque flacon.

	Diamètre du tube (en millimètres).	Longueur de MnO^4K non décolorée (en centimètres).	Temps nécessaire à l'homogénéité.
	mm	cm	"
1	2,5	4	0,04
2	3,2	6,5	0,08
3	4,8	10	0,2
4	6,2	22,5	1
5	8,5	33	1,2

On voit par ce Tableau que l'homogénéité est atteinte d'autant plus rapidement que le tube est plus fin (on ne peut descendre au-dessous d'une certaine limite, car le débit deviendrait trop faible). Nous avons remarqué, en outre, que le débit peut varier entre certaines limites sans que la zone d'homogénéité se déplace sensiblement. Ainsi dans le tube (1) la longueur de MnO^4K décolorée est sensiblement la même pour un débit moitié moindre.

Comme il est probable que la facile homogénéité est réalisée grâce à un tourbillonnement du liquide dans la région de la soudure des trois tubes,

(1) L'excès de 10 pour 100 de SO^4Fe ne modifie pas sensiblement la vitesse de mélange ainsi que nous l'avons vérifié en faisant varier dans de larges proportions les quantités relatives de ce sel et de MnO^4K.

nous avons essayé des formes de tubes qui nous ont paru propres à la formation de tourbillons :

(6) Tube dans lequel un renfoncement (genre tube Vigreux) a été créé dans la bissectrice de l'angle de l'Y.

(7) Tube sur lequel trois renfoncements ont été créés à la naissance de la branche de sortie de l'Y.

(8) Tube de $6^{mm},2$ sur lequel un rétrécissement de $1^{mm},5$ de diamètre a formé le début de la branche de sortie de l'Y sur une longueur de 2^{cm}.

Les nombres que nous avons obtenus pour ces tubes ont nettement montré l'amélioration due aux formes (7) et (8).

	Diamètre du tube.	Longueur de MNO^4K non décoloré.	Temps nécessaire à l'homogénéité.
	mm	cm	"
(4)............	6,2	22,5	1
(6)............	6,2	25	1,1
(7)............	6,2	4	0,12
(8)............	6,2	2,6	0,01

C'est la forme (8) que nous avons définitivement adoptée.

En résumé, la méthode que nous avons décrite permet de mélanger d'une manière homogène deux liquides miscibles en $\frac{1}{100}$ de seconde.

Cette technique, réalisable avec des appareils de laboratoire très simples, se prête à l'étude des vitesses des réactions rapides entre liquides.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les formations cycloniques de l'atmosphère.* Note de M. **Eugène Mesnard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Pour mieux préciser le rôle des tremblements de terre [1], cyclones, raz de marée et syzygies (NL et PL) dans la production des phénomènes météorologiques, je crois devoir fait état de ce que je nomme *formations cycloniques de l'atmosphère*, désignant ainsi l'ensemble des masses de vapeurs, procédant de *formations nuageuses primitives*, excitées, condensées et groupées par la répercussion de ces causes violentes.

Ces formations cycloniques sont loin d'être homogènes. Quelques-uns de leurs éléments ayant reçu, dès l'origine, une assez grande force vive, possèdent une sorte d'individualité propre et sont capables de se déplacer avec rapidité (cyclones et tempêtes); les autres, moins riches en énergie

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 102.

primitive (dépressions cycloniques ou simples nuées), ont une vitesse moindre qui paraît se confondre assez vite avec celle d'une formation cyclonique tout entière, vitesse encore indéterminée et probablement voisine de 833^{km} par jour.

Ces éléments cycloniques actifs que signale la baisse du baromètre nous apportent généralement tout un cortège de manifestations pluvieuses.

Les périodes météorologiques empruntent leurs caractères particuliers d'intensité, de durée et de continuité à ces formations cycloniques, et résultent nécessairement du défilé total des éléments qui les composent; et l'on voit qu'il serait facile de faire de la prévision du temps à plus longue échéance, si l'on connaissait bien les formations cycloniques.

Malheureusement, nous n'avons pas de procédé d'investigation direct et nous devons nous contenter d'une approximation.

En 1918, puis en 1919, il y eut des périodes de sécheresse; la première dura du 15 mai au 6 septembre; la seconde alla de fin mars au mois de novembre, abstraction faite de quelques rémissions et atténuations. Or, pendant les mois où la vapeur d'eau condensée se faisait si rare, plusieurs syzygies ne marquèrent pas, et des tremblements de terre relativement importants ne produisirent que d'insignifiantes périodes; dans les autres mois, au contraire, les phénomènes excitateurs provoquèrent toujours une importante série pluvieuse.

Nous pouvons donc retenir ce fait que, dans les mois d'été ou de sécheresse, les formations cycloniques étant peu importantes, les périodes météorologiques seront nulles ou très écourtées, tandis que, dans les mois humides de l'automne et du printemps, elles seront plus longues et plus compliquées, surtout si des chevauchements interviennent.

D'ailleurs les manifestations météorologiques se montrent habituellement plus violentes et tenaces dans le voisinage du centre d'ébranlement ainsi que dans la zone océanique de même latitude, ce qui fait que dans les périodes écourtées ils peuvent se localiser là, tandis que dans les grandes périodes où les trajectoires cycloniques nous assaillent depuis l'Islande jusqu'au Maroc, il n'est pas rare de voir s'éteindre les dernières dépressions dans la zone où sont apparues les premières. Ceci ne s'appliquerait pas aux formations cycloniques dues aux lunaisons ou remaniées par elles.

Mais on ne perdra jamais de vue que les formations les plus denses ne peuvent se produire que sur les parties de l'océan où il existe abondamment de la vapeur d'eau saturée (gulf stream) et qu'il y a lieu de tenir compte tout à la fois de la géographie et de la climatologie.

En effet, une vue d'ensemble montre que la plus grande activité des

dépressions cycloniques se localise assez bien dans une zone qui se déplace et varie dans le même sens que le Soleil :

Au moment du solstice d'été, et même un peu après, les dépressions passent souvent très au Nord, sur l'Islande et la Norwège. Mais à partir de fin septembre-octobre, elles deviennent plus fréquentes sur les Iles Britanniques et sur la mer Baltique avec tendance à redescendre vers l'Europe centrale. Pendant les mois de novembre, décembre et janvier, le Soleil s'étant éloigné dans l'autre hémisphère, les dépressions sont alors plus actives dans le Midi et sur la Méditerranée, tout en continuant à fréquenter les régions voisines de la Manche et de la Baltique. La fin de l'hiver est généralement assez calme; puis c'est un regain d'activité que nous vaut le retour du Soleil sur l'Équateur. Cette dernière phase s'atténue assez vite pendant la marche de l'astre vers le solstice.

Ces déplacements s'expliquent assez facilement :

En été, le contre-alizé repousse au loin les masses de vapeurs du gulf stream et débarrasse presque complètement le nord de l'Atlantique; en automne et en hiver, le Soleil s'étant éloigné de l'autre côté de la ligne, les vapeurs s'accumulent au contraire sur cette même étendue océanique, et les trajectoires cycloniques nous touchent sur un front très étendu. De plus, l'air glacé et les vents secs des régions septentrionales constituent par leur ensemble une sorte de formation anticyclonique qui s'avance et recule en vertu du même mécanisme; et il est facile de comprendre que toutes les dépressions qui s'engagent sur cette sorte de banquise invisible sont facilement atténuées et que, seules, celles qui continuent à en côtoyer les bords restent plus longtemps chaudes et orageuses.

Il est indéniable d'ailleurs qu'une grande imprécision règne encore dans cette question, car il nous manque le dispositif expérimental approprié à cette étude. Il nous viendra peut-être de l'emploi de T. S. F. En effet, les grandes entreprises de T. S. F. ont remarqué que, dans les saisons d'été, les transmissions ne s'exerçaient pas au loin malgré une grande pression à l'antenne, tandis qu'en hiver les ondes hertziennes se propageaient aisément à une distance considérable. Cette année, pendant la sécheresse, les troubles par manque d'émission ont été fréquents.

On peut donc supposer que les vésicules de vapeur, lorsqu'elles sont suffisamment répandues dans l'atmosphère, facilitent le passage des ondes par le simple jeu de leurs courants particulaires; et qu'il existe une relation entre la densité et l'étendue des formations cycloniques et le pouvoir de propagation des ondes, d'où la possibilité d'entrevoir un moyen de connaître l'importance relative de ces formations.

En résumé, la prévision du temps à plus longue échéance pourrait être obtenue par la connaissance de la densité, de l'étendue et de la position des formations cycloniques. Les observations enregistrées au jour le jour par les météorologistes nous permettront d'y arriver. Déjà on pourra apprendre à connaître les époques de longue répercussion des phénomènes excitateurs et les distinguer de celles où l'effet produit est presque nul. Néanmoins, il serait à souhaiter que la T. S. F. fournît un jour le procédé nouveau qui permettrait de sonder l'espace.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à l'Observatoire de Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant les premier et deuxième trimestres de* 1919. Note de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. Baillaud.

L'enregistrement des perturbations de la déclinaison pendant ces deux trimestres a donné les résultats suivants :

Janvier.					Février.					Mars.				
0.	1.	2.	3.	4.	0.	1.	2.	3.	4.	0.	1.	2.	3.	4.
	1							1					1	
	2							2					2	
			3				3						3	
			4				4					4		
			5				5					5		
			6				6					6		
			7			7						7		
		8				8					8			
		9				9					9			
	10					10				10				
	11					11				11				
	12				12							12		
		13				13							13	
		14						14					14	
	15					15						15		
			16					16				16		
			17			17						17		
				18			18				18			
			19			19							19	
		20					20							20
		21							21			21		
		22							22				22	
		23						23				23		
	24				24						24			
25						25					25			
26						26					26			
27								27					27	
	28							28					28	
		29										29		
		30										30		
				31								31		

Avril.					Mai.					Juin.				
0.	1.	2.	3.	4.	0.	1.	2.	3.	4.	0.	1.	2.	3.	4.
		1			1					1				
2									2		2			
	3							3			3			
	4						4			4				
5							5			5				
		6				6					6			
			7			7				7				
	8				8					8				
	9					9						9		
		10				10						10		
	11				11							11		
	12					12					12			
	13						13				13			
	14						14			14				
	15					15				15				
		16				16				16				
			17				17				17			
		18						18				18		
		19				19				19				
		20					20			20				
		21					21			21				
		22					22					22		
	23							23				23		
		24					24				24			
25							25			25				
26							26					26		
	27						27			27				
28						28					28			
	29					29					29			
	30					30				30				
							31							

La date du jour considéré est inscrite dans la colonne indiquant la grandeur de la perturbation, l'échelle adoptée étant :

0. Jours calmes		
1.	» avec oscillations très faibles....	(1' à 3')
2.	» » faibles........	(3' à 7')
3.	Avec perturbations assez fortes.	(7' à 15')
4.	» fortes....................	(15' à 30')
5.	» très fortes..............	(>30')

L'examen de ces Tableaux semble indiquer une décroissance des fortes

perturbations en même temps qu'une augmentation rapide du nombre des jours parfaitement calmes ou très faiblement perturbés.

En effet, voici le résumé des observations précédentes :

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
Jours calmes............	3	2	2	5	6	14
Perturbations de 1′ à 3′...	8	11	6	13	9	9
» 3′ à 7′...	10	6	13	10	12	7
» 7′ à 15′..	8	7	9	2	3	
» 15′ à 30′.	2	2	1		1	

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Anomalies florales observées sur la descendance de l'hybride* Linaria vulgaris × L. striata. Note [1] de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

En fin juillet 1911, j'ai réalisé au Laboratoire de Physique végétale de Meudon (Seine-et-Oise) la fécondation illégitime de quatre ovaires de *Linaria vulgaris* (lignée du plateau de Villacoublay, Seine-et-Oise) avec le pollen abondant de *Linaria striata* (plante du Plessis-Macé, Maine-et-Loire), transplantée à Meudon en octobre 1910). Les fruits renfermaient en tout 5 *bonnes graines* et plusieurs enveloppes transparentes et vides, indiquant les effets d'une pollination sans fécondation, n'ayant laissé de traces que sur les membranes protectrices des ovules.

F_1. Semées en mars 1912 en terrines, elles donnèrent 5 plantules dont 2 chétives ne résistèrent pas à deux rempotages. Les 3 *plantes* composant la première génération, très vigoureuses et intermédiaires dans toutes leurs parties entre les parents, fournirent des fleurs en abondance qui tombèrent par centaines sans montrer la moindre trace de fertilité. J'ai regretté à cette époque la destruction volontaire des parents; mais, à la fin de septembre, plusieurs fruits nouèrent et j'ai pu récolter en octobre 41 graines, dont 37 *bien venues*, renfermées en 17 fruits. Noires, anguleuses, plus ou moins ridées et ponctuées à leur surface, sans la moindre trace d'arille membraneuse, elles étaient bien du type *L. striata*, mais plus grosses.

F_2. Leur semis en fin mars 1913, suivi de deux repiquages imparfaitement réussis, donna 28 plantes vigoureuses qui fleurirent peu et tard en octobre 1913; ces plantes offraient un très beau développement au début de

[1] Séance du 1er décembre 1919.

l'été 1914. Les hostilités m'empêchèrent de les suivre; elles furent négligées de 1915 à 1917 et en 1918 seulement j'ai groupé 17 *plantes* très vigoureuses qui font l'objet de cette Note. Il s'agit donc d'hybrides de deuxième génération ayant 6 ans.

Ils peuvent être classés en 5 groupes :

A. 1 *plante* offrant tous les caractères de *L. striata*, vigoureuse, mais de taille moyenne (45^{cm}), donnant une trentaine de tiges dures et cassantes, ramifiées et couvertes d'une multitude de petites (8^{cm} à 11^{cm}) fleurs blanc lilas, striées de violet, à palais à peine teinté de jaune pâle. Elle donne de bonnes graines, même après isolement des fleurs;

B. 7 *plantes* ayant le port de *L. striata*, à tiges plus hautes (60^{cm}), plus touffues, très ramifiées et couvertes de fleurs du type de A, mais lavées de jaune. Grâce aux circonstances météorologiques très favorables de 1919 et au groupement des plantes, les fleurs non isolées nouent pour moitié et donnent des capsules globuleuses (3^{mm} sur 3^{mm}). Les fleurs isolées en sac parcheminé nouent mal, 1 sur 6 en moyenne, mais donnent de bonnes graines. A ce groupe appartient la *variation* α, autostérile, décrite plus loin.

C. 5 *plantes* encore plus vigoureuses que les précédentes (60^{cm} à 80^{cm}), à fleurs plus grandes (10^{mm} à 12^{mm}), striées de violet sur un fond blanc jaunâtre; les lobes de la lèvre supérieure des corolles, relevés, laissent voir une gorge fortement teintée de jaune. Toutes les grappes isolées en sac sont stériles; les fleurs visitées par les insectes, surtout en septembre, donnent de rares fruits (2 pour 10 fleurs en moyenne) atteignant 4^{mm} de haut, renfermant quelques bonnes graines anguleuses et arquées. A ce groupe appartient la *variation* β ;

D. 2 *plantes* rappelant *L. vulgaris* par la taille (35^{cm}), la forme et le coloris des fleurs (13^{mm}), à fond jaune pâle avec quelques stries violettes fondues (peut-être forme *L. ochroleuca* Brebisson), très peu fertiles, et seulement à l'arrière-saison, par l'action du pollen des plantes du groupe E. A ce groupe appartient la *variation* γ ;

E. 2 *plantes* à tiges peu nombreuses, mais fortes et géantes (172^{cm} et 156^{cm}) exigeant des tuteurs, à longues grappes composées d'épis très lâches de fleurs grandes (13^{mm}-15^{mm}) à corolles jaune assez vif striées de violet pâle et peu apparent (peut-être forme *L. ambigua* Boullu). Peu fécondes au début de l'été, elles donnent, à l'automne, même isolées, des fruits gros, épais (6^{mm} sur 4,5) remplis de bonnes graines du type de *L. striata*.

Les épreuves de fécondation de *Linaria vulgaris* castré, avec le pollen des hybrides F_2, ont donné des résultats médiocres avec A, excellents avec E, nuls avec les autres groupes.

Il est temps de décrire les variations, fécondes après entre-croisement avec des plantes de leur groupe, qui sont des *hybridmutations* au sens propre même du mot :

Variation α. — En 1918 et tout le long de l'été 1919, cette plante a donné des fleurs pourvues d'*appendices catacorollaires*. A la base des

sépales inférieurs, de part et d'autre de l'éperon, se développent des languettes ciliées, étalées en spatule, pétaloïdes, blanches avec de légères stries violettes ; elles naissent de bonne heure, dès la différenciation de la corolle dans le bouton, et participent à sa croissance ; toujours symétriquement placées, bien qu'il arrive que l'une d'elles soit avortée, elles donnent à la fleur de Linaire l'allure de certaines fleurs d'*Orchis*. Penzig (*Pfanzenteratologie*, II, 1894, p. 197) décrit des appendices analogues chez *L. vulgaris*; ils n'existaient pas sur les parents et je n'ai jamais constaté même une tendance sur les plantes étudiées avec soin des deux stations dont ils proviennent.

Variation β. — Toutes les fleurs de cette plante ont des corolles à gorge entr'ouverte, avec lobes supérieurs triangulaires et redressés, avec filets des étamines inférieures très allongés, portant hors de la corolle les anthères ouvertes, mais vides, d'un blanc nacré qui fait contraste sur la gorge jaunâtre. Cette organisation florale retient l'attention à distance; elle ne paraît pas attirer les insectes butineurs, bien qu'elle fasse naître la suggestion que les fleurs dimorphes de nombreuses Labiées (*Thymus*, *Mentha*, etc.) aient pu apparaître par un processus analogue; ses caractères anormaux n'ont pas été décrits jusqu'ici à ma connaissance.

Variation γ. — Tard à l'automne, après l'action des pluies de fin septembre, sont apparues trois *pélories terminales* à cinq éperons bien marqués qui terminent des pousses offrant les caractères de *fascies*. Cette variation est de l'ordre de celles que j'ai décrites récemment [1] chez l'hybride *Digitalis luteo-purpurea* et confirme les hypothèses de Vuillemin (1912) sur la morphogénèse des pélories de *Linaria*.

En résumé, l'hybridation expérimentale entre lignées sauvages normales de *Linaria vulgaris* et *L. striata* est possible quoique de réussite délicate. En F_1, les hybrides sont uniformes, intermédiaires, avec facies du *striata;* isolés des parents, ils fructifient peu. En F_2, les graines, plus nombreuses, germent mieux, mais donnent naissance à des individus très différents, tous vigoureux et doués d'uné longue pérennité. Sur 17 plantes, l'une paraît avoir fait retour complet à *L. striata;* les 16 autres sont manifestement hybrides. Dans le cours de la cinquième année, l'une d'elles fournit des *pélories* sur des rameaux tardifs fasciés; une autre, des corolles pourvues d'appendices catacorollaires; une troisième les déformations cataractéristiques de la dichogamie macrostaminée des Labiées.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 481.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur le concours des arbres pour soutirer de l'eau à l'atmosphère.* Note de M. **Paul Descombes**, présentée par M. Schlœsing.

La nécessité de suppléer, pour une bonne part, au charbon de terre par la houille blanche donnant une grande importance à l'utilisation des eaux météoriques, dont les trois variétés distinctes sont les pluies (comprenant les neiges), les rosées et les brouillards, il y a lieu d'examiner à ce sujet le rôle de l'arbre, ce grand régulateur des eaux, qui en est de plus un fournisseur bien digne d'être pris en considération.

Tant que les recherches météorologiques restèrent orientées vers la lutte contre les inondations, les pluies furent regardées comme l'origine à peu près unique des eaux courantes, l'apport tranquille des rosées et des brouillards ne pouvant provoquer aucun accident. L'appoint de ces condensations occultes semblait d'ailleurs négligeable; les expériences du professeur Houdaille, à Montpellier, montraient, par exemple, que celui des rosées représentait seulement 8^{mm} par an, un centième de la tranche pluviale. Puis, lorsque l'Association centrale pour l'Aménagement des Montagnes ([1]) se proposa d'appliquer le reboisement à renforcer les ressources de la Houille blanche, j'attirai l'attention sur un mode de l'action hydrologique des forêts ([2]) en signalant que les arbres provoquent *sans pluie* une abondante condensation des eaux météoriques, et fis appel à tous pour les recherches à entreprendre dans cet ordre d'idées.

L'enquête ouverte alors fournit d'intéressants renseignements ([3]). En Californie, où il ne pleut pas du début de juin à la fin de septembre, les arbres ruissellent d'humidité et les prairies restent vertes dans leur voisinage, au lieu de roussir comme en terrain découvert (sir Gardner Reed). Le bassin du lac Léman, alimenté par le canton de Vaud boisé à 25 pour 100 et par la Haute-Savoie boisée à 28 pour 100, débite une quantité d'eau supérieure à celle qu'y déversent les pluies ou neiges (Forel). Le réservoir de la Mouche présente un excédent semblable d'écoulement dans la Haute-Marne, où le taux de boisement est de 31 pour 100 (Moissenet).

Plus récemment, le Dr Marloth ayant installé près du Cap de Bonne-Espérance, sur la Montagne de la Table, haute de 1163^{m}, et que recouvre souvent une nappe de brouillard, deux pluviomètres, dont l'un était sur-

---

([1]) Association que j'ai fondée en 1904 à Bordeaux.

([2]) Communication à la Société des Sciences physiques de Bordeaux, 1904.

([3]) *Revue scientifique*, 24 août 1918.

monté d'un faisceau vertical de baguettes et de joncs long de $0^m,30$, recueillit en 56 jours d'expérience $2^m,27$ d'eau au-dessous de cet arbre artificiel, et 126^{mm} — moins du seizième — dans le pluviomètre témoin. La quantité d'eau soutirée dans ces conditions à l'atmosphère par le petit arbre artificiel de $0^m,30$ représente environ quinze fois celle provenant des pluies pendant le même temps.

En citant ce résultat remarquable, publié dans *Transactions of the south african philosophical Society*, vol. 14, p. 49, le D[r] Georges-V. Perez a fait connaître qu'une abondance analogue des condensations occultes se produit aux Canaries, où les Tils (oréodaphné Foetens) entretiennent l'humidité du Monte-Verde, où le feuillage du Garoë, l'arbre saint de l'Ile de Fer, recueillait assez d'eau pour abreuver les habitants de cette île dépourvue de sources; et M. Edward-A. Martin, qu'en Angleterre, dans le Surrey et le Sussex, *les Dew Ponds* sont abondamment alimentés par le brouillard.

De son côté, l'Association centrale pour l'Aménagement des Montagnes a expérimenté en diverses stations et a obtenu notamment les résultats suivants. La quantité de rosée recueillie en 1919 par M. Courty à l'Observatoire de Bordeaux-Floirac, sur un récepteur cylindrique haut de 30^{cm} et revêtu d'un lainage dont la surface extérieure représente environ 4 fois la projection horizontale, fut à peu près le quadruple de la moyenne constatée par M. Houdaille à Montpellier. Le dépôt de rosée croissant avec la surface rayonnante, on peut admettre qu'un récepteur tel qu'un arbre de hauteur moyenne recueille annuellement dans des conditions convenables une quantité de rosée de l'ordre de la tranche pluviale.

D'après l'ensemble des données à ma connaissance, j'ai calculé dans un Mémoire que publiera prochainement la *Société météorologique de France*, le total des eaux atmosphériques déversées ou condensées annuellement sur des terrains diversement revêtus de végétation, appartenant à une zone montagneuse des Pyrénées où la tranche pluviale serait de 1^m, et dont les herbages couvriraient uniformément 40 pour 100. Cet apport total ressort à $1^m,16$ sur un sol complètement déboisé, à $1^m,51$ sur un sol possédant 5 pour 100 de bois et 5 pour 100 de broussailles, à $2^m,97$ sur un sol boisé à 30 pour 100, et à $1^m,62$ sur un sol embroussaillé à 50 pour 100. De sorte que l'apport des eaux atmosphériques au sol dénudé serait augmenté de 156 pour 100 par le boisement normal et de 40 pour 100 par l'embroussaillement d'une moitié.

On s'explique ainsi comment le bassin bien boisé de la Pique (Haute-Garonne) débite annuellement au Pont de Labadé 1732000^{m^3} par kilomètre

carré, tandis que le bassin contigu de l'One, très peu boisé, en débite seulement 693000, et le bassin complètement déboisé du Gave d'Ossoue 630000 ([1]).

La plupart des bassins montagneux dont la Houille blanche utilise les eaux étant malheureusement déboisés ou peu boisés, cette industrie rencontre pour son installation des conditions défavorables; dans des montagnes suffisamment boisées, elle aurait, avec la même dépense, capté des eaux bien plus abondantes, mis en action des forces motrices bien plus considérables, et obtenu le kilowatt à un prix de revient bien moins élevé.

Il faut donc au plus vite reboiser les montagnes pour accroître les ressources de la Houille blanche. L'Administration des Eaux et Forêts a résolu toutes les difficultés techniques de cette laborieuse opération, à la réalisation de laquelle le Parlement a apporté sa contribution en votant des lois spéciales et celle du 2 juillet 1913 « tendant à favoriser le reboisement ».

Enfin, puisque le reboisement ne peut être instantané et que son effet hydrologique n'est pas immédiat, il y a lieu de retenir la leçon qui se dégage des expériences que l'Association centrale pour l'Aménagement des Montagnes a effectuées sur ses terrains d'expériences dans les Pyrénées et les Alpes : il suffit d'évincer pendant cinq ans les chèvres et les moutons étrangers, avec une dépense totale de 5^{fr} par hectare, pour faire reparaître des bois insoupçonnés et pour embroussailler jusqu'aux rochers, sans privation ni gêne pour les habitants et leurs troupeaux. On dispose ainsi d'éléments dès maintenant préparés pour augmenter rapidement les ressources de la Houille blanche et leur apporter ensuite par le reboisement un accroissement encore plus considérable.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le rôle du fer dans la casse bleue des vins.* Note de M. **André Piédallu**, présentée par M. L. Maquenne.

J'ai eu l'occasion, au cours de ces derniers mois, d'examiner un certain nombre de vins ayant voyagé dans des wagons-foudres en tôle de fer, attaquable par les vins, toujours acides.

Tous ces vins présentaient les mêmes caractères *de la casse bleue*, ici véritable casse synthétique.

D'abord clairs, ils se troublent à l'air et déposent leurs matières colo-

([1]) Service d'Études des grandes forces hydrauliques. Région du Sud-Ouest.

rantes sur les parois et au fond des bouteilles, en même temps qu'ils se recouvrent d'un voile irisé en surface.

La constance de ce défaut m'en a fait rechercher la cause.

Le dépôt gris bleuté a le caractère des laques obtenues avec certaines matières colorantes végétales, mises en présence des sels de fer. La teinte gris perle des gants est obtenue avec le sanguin (vin de baies de troène) tourné au fer. La matière colorante du Sorgho m'a aussi donné une réaction analogue [1].

Les cendres de ces vins sont rouges et dénotent une forte teneur en fer. En effet, l'analyse montre qu'ils contiennent jusqu'à environ $0^{gr},50$ de fer par litre. Les cendres du dépôt sont plus riches encore, le dépôt donne environ dix fois plus de fer que le vin clair, mais alors que le fer est à l'état ferreux dans le vin clair, il est à l'état ferrique dans le dépôt.

Or on sait que le fer à l'état ferreux ne précipite pas les matières colorantes des vins, alors que celles-ci sont précipitées par le fer à l'état ferrique et que les sels ferreux se transforment spontanément en sels ferriques sous l'action de l'oxygène de l'air.

L'eau oxygénée, ajoutée au vin, produit immédiatement le précipité gris bleuté caractéristique.

Lagatu [2] a signalé le rôle du fer dans la casse bleue. Je n'ai pas voulu laisser passer ces observations, que j'ai pu faire ces temps derniers, sans les signaler. Elles viennent à l'appui de la théorie de Lagatu, qui dit que la casse bleue peut parfaitement se produire sans l'intervention des diastases, sans d'ailleurs nier l'existence de celles-ci. L'oxydabilité des sels ferreux à l'air suffit à expliquer le phénomène.

Pratiquement, pour empêcher les vins riches en fer de casser, il suffit de les maintenir en milieu réducteur, en les soutirant simplement dans des fûts bien méchés. Mais il est toujours préférable d'éviter de se servir de récipients en fer non protégé pour manipuler ou conserver les vins.

En résumé, mes observations portant sur une dizaine de wagons-foudres en fer non protégé prouvent, jusqu'ici, que tous les vins ayant voyagé dans ces wagons cassent, que les vins atteints de casse bleue se dépouillent du fer par oxydation; qu'il suffit, pour conserver leurs qualités marchandes, de les mettre en milieu réducteur, et qu'il vaut toujours mieux, comme on le sait déjà, éviter de mettre les vins en présence du fer.

---

(1) *Comptes rendus,* t. 167, 1918, p. 345.

(2) *Comptes rendus*, t. 164, 1897, p. 1461.

BIOLOGIE. — *Hermaphroditisme et Scissiparité.* Note [1] de Mlle **Lucienne Dehorne.**

Les faits d'hermaphroditisme et de protérandrie chez les Polychètes ne sont pas nouveaux : la liste des Polychètes hermaphrodites dressée par Johnson, en 1908, ne compte pas moins de 17 espèces; nous avons la certitude que ce nombre est plus grand : la liste s'allongera à mesure que l'on connaîtra mieux les cycles évolutifs de ces annélides; quant à la protérandrie, qui est la règle chez les Oligochètes naïdimorphes, elle a été constatée chez les *Salmacina Dysteri* (Malaquin), *Myzostoma pulvinar* (Wheeler), *Ophryotrocha puerilis* (Korschelt) et *Dodecaceria concharum* (Monticelli); à ces espèces, il faut ajouter aujourd'hui la *Myrianida pinnigera*. Remarquons, dès à présent, qu'en dehors des traits communs à l'anatomie des deux groupes annélidiens, Oligochètes et Polychètes, il existe aussi deux caractères biologiques communs, sur la constance desquels il importe d'attirer l'attention : d'une part, la multiplication par bourgeonnement, d'autre part, l'hermaphroditisme. A cet effet, je rappelle que des Polychètes hermaphrodites, appartenant aux genres *Filograna, Salmacina, Spirorbis, Amphiglena*, sont capables de se multiplier asexuellement et le font d'une manière presque permanente, comme les Oligochètes naïdimorphes. Les faits, que nous allons signaler chez la Myrianide, sont du même ordre.

L'intensité de la multiplication asexuelle, généralement plus faible chez les Syllidiens que chez les Oligochètes scissipares, se montre cependant remarquable chez la Myrianide. On sait que les chaînes stolonifères de ce Polychète sont unisexuées; mais les souches ♂ et ♀, qui produisent des bourgeons, dont le dimorphisme est si net, présentent ce fait singulier de ne se différencier les unes des autres par aucun caractère morphologique; de même, le comportement de ces individus stolonifères, de sexe pourtant différent, est le même. En dépit de cette uniformité, les souches ♂ et ♀ offrent quelques caractères biologiques particuliers : le plus notoire est le nombre considérable de stolons formés par les souches ♂ (10 à 30; chez les ♀, ce nombre est rarement supérieur à 5); ces faits s'accordent avec ce que l'on sait de l'organisation de l'appareil reproducteur chez la plupart des Invertébrés, cette organisation est telle qu'en définitive les spermatogonies sont toujours plus nombreuses et se divisent plus activement que

(1) Séance du 1er décembre 1919.

les orogonies, mais ils révèlent aussi chez les Myrianides ♂ un pouvoir de bourgeonnement si notablement supérieur à celui des Myrianides ♀ qu'il est sans conteste l'expression d'un métabolisme plus actif. En particulier cette intensité du bourgeonnement rappelle l'accroissement que prend la multiplication asexuelle chez les animaux habituellement scissipares, lorsqu'ils trouvent des conditions nutritives meilleures. Un autre caractère remarquable est le suivant : les individus stolonifères ♂ ont la gracilité, les tissus transparents, les néphridies claires et imprécises de jeunes Myrianides; les souches ♀, toujours plus fortes, sont constituées par des segments offrant l'épaisseur et l'opacité des segments âgés. L'ensemble de ces constatations conduisait nécessairement à rechercher le ou les facteurs qui déterminent le sexe de la Myrianide.

Tout d'abord, les conditions dans lesquelles on la récolte à Roscoff, à toutes les étapes de son évolution, m'obligèrent à négliger les facteurs habituellement envisagés dans le déterminisme du sexe. Par contre, son abondance, s'étant montrée suffisamment durable, me permit de suivre de mois en mois l'évolution de l'espèce et d'assister à l'apparition et au déclin de la reproduction sexuelle (mars-octobre). Lorsqu'on recueille des Myrianides au début de la saison reproductrice, on est frappé de la rareté des chaînes ♂ en regard du nombre déjà très élevé des chaînes ♀; mais on trouve surtout des individus frêles, non encore scissipares. A mesure que s'avance la saison, le nombre des chaînes ♂ s'accroît tandis que décroît celui des individus non stolonifères. Puis le nombre des chaînes ♂ devient plus élevé; enfin au début de l'automne ce sont, au contraire, les chaînes ♀ qui dominent. Mais, plus que toute autre, cette observation est suggestive : le nombre des stolons se trouve réduit dans les chaînes ♂ recueillies à cette époque; de plus, les individus stolonifères de ces chaînes sont plus robustes que ne le sont les souches ♂ : il s'agit de Myrianides qui ont vieilli; en vieillissant, l'annélide ♂ voit donc se réduire sa faculté de bourgeonner. En outre, à cette diminution du bourgeonnement correspond une réduction de la multiplication spermatogoniale, laquelle à tout prendre se ramène également à un bourgeonnement, qui prend le caractère des formations ovogoniales. Ainsi le « vieillissement » de la Myrianide ♂ conduit à une sorte d'intersexualité où apparaît la tendance au sexe ♀.

Ces données permettent de reconstituer le cycle évolutif de la Myrianide : la jeune Myrianide, qui commence à bourgeonner, possède le sexe ♂ et ne forme que des Polybostrichus; mais lorsqu'elle vieillit, elle prend le sexe ♀ et ne bourgeonne plus que des Sacconereis. En d'autres termes, elle est hermaphrodite, protérandre.

En outre, ce *changement de sexualité est corrélatif de l'activité métabolique :* nous savons que l'affaiblissement du pouvoir bourgeonnant est le fait visible d'un amoindrissement du métabolisme, résultant, soit de l'influence de divers facteurs, soit de la sénescence elle-même; dans le premier cas, c'est le milieu externe qui intervient, dans le second cas, c'est le milieu interne. Au contraire l'exaltation de la multiplication asexuelle est particulière aux êtres qui, soit par l'effet d'une amélioration soudaine puis continue des conditions nutritives du milieu, soit par l'activité propre de leurs tissus « jeunes », possèdent un métabolisme plus actif. L'apparition du sexe ♂, correspondant à cet état particulier, est conforme à la notion établie pour un Rotifère du genre *Hydatina :* la production de mâles répond à un état métabolique supérieur, à une croissance et à une reproduction plus grandes.

PHYSIOLOGIE. — *Inanition, température et glycémie.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. Yves Delage.

Le mammifère et l'oiseau présentent une constante physiologique remarquable : *la constante thermique* ou *degré de la température centrale* qui, pour chaque espèce, a une valeur invariable. Des mécanismes régulateurs en assurent la fixité en proportionnant la production de chaleur aux pertes subies par l'organisme.

L'homéotherme présente également une autre constante physiologique : *la glycémie physiologique*, exprimée par la quantité de sucre libre dans le sang ou mieux dans le plasma artériel. Ici encore des mécanismes régulateurs, dont l'ensemble constitue la fonction glycogénique, assurent la fixité de cette glycémie en proportionnant la production du sucre à la dépense. Chaque homéotherme présente donc, dans les conditions normales, une constante glycémique.

Il existe une première relation entre ces deux paramètres caractéristiques : le niveau glycémique, chez divers homéothermes, varie dans le même sens que le niveau thermométrique (H. Bierry et L. Fandard). Exemple :

	Température centrale.	Glycémie physiologique.
Poule	42°	2g,30 sucre libre pour 1000
Chien	39°	1g,30 » »

Conserver son niveau thermométrique constitue pour l'animal supérieur

le premier des besoins. Le caractère impérieux de ce besoin est particulièrement frappant dans l'état de jeûne, on voit alors l'homéotherme « se brûler lui-même » plutôt que de laisser baisser sa température. Il y a là un moyen de forcer les mécanismes régulateurs, de les obliger à devenir apparents.

Chez l'animal, à l'inanition, on admet que les réserves sucrées et grasses (¹) disparaissent successivement. A la période ultime enfin, alors que les sources d'albumines transitoires, précisées par Voit et Rubner, ont disparu depuis longtemps, on observe une hausse brusque et considérable de la destruction protéique qui se traduit par une augmentation de l'excrétion azotée.

Que deviennent à la *période agonique* la température centrale et la glycémie physiologique? La température subit une chute brusque et la glycémie également (Chauveau). Nous avons pu, avec L. Fandard, vérifier la baisse du *sucre libre*, et montrer en outre qu'à ce moment même le taux du *sucre protéidique* est considérablement augmenté dans le sang. On doit s'attendre, en effet, à ce que les perturbations du métabolisme tout entier (²) (les dégradations des protéiques, des sucres et des graisses constituent des phénomènes simultanés donnant lieu à des corps réagissant les uns sur les autres) aient un retentissement sur le « milieu intérieur » où les formations et les destructions s'équilibrent. De plus, si l'organisme pour le jeu intime de ses fonctions ne peut utiliser que le glucose, il devra, pour parer à toute éventualité, mobiliser parfois *brusquement toutes ses réserves sucrées* (³). En particulier, si le sucre protéidique est, comme nous le soutenons, une *deuxième forme de réserve* de la matière sucrée (réserve qui avait échappé à Cl. Bernard) et le terme de passage entre les protéines et le glucose, ce sucre doit augmenter dans certains cas, et surtout quand le glycogène a disparu et que le sucre libre tend à baisser. C'est ce que l'expérience vérifie chez le chien à la diète hydrique :

(¹) La disparition du glycogène n'est pas aussi rapide qu'on pourrait croire. Nous avons trouvé chez un chien, au bout de 28 jours de diète hydrique, du glycogène dans le foie ($1^g,48$ pour 100) et les muscles ($0^g,15$ pour 100). A la suite d'intéressantes expériences, E.-F. Terroine a défini ce qu'il fallait entendre par « *réserves grasses* ».

(²) Au cours de l'inanition nous avons constaté la présence plus ou moins marquée de « *corps acétoniques* » dans l'urine. Il reste à préciser la valeur des renseignements que peut fournir, en ce qui concerne l'ordre d'utilisation des réserves, ce procédé d'investigation sur lequel nous avons déjà insisté.

(³) Fait remarquable, on a signalé qu'au moment de la débâcle azotée des ferments protéolytiques apparaissaient brusquement dans le sang.

		Sucre libre pour 1000.	Sucre protéidique pour 1000.
	kg	g	g
Chien	29,400 avant...........	0,80	0,88
	23 après 14 jours...	1,30	0,95
	17,500 après 24 jours...	0,40	1,40

Le glycogène était à l'état de traces dans le foie et les muscles au moment où l'animal a été sacrifié.

Comment relier tous ces phénomènes? Il faut admettre avec Chauveau, Seegen, Rubner, que l'organisme animal ne peut faire servir à ses *besoins physiologiques immédiats* que le *glucose*, et que ce glucose doit être fourni à un niveau convenable de concentration. En d'autres termes, à un niveau thermométrique donné doit correspondre un niveau glycémique adéquat. A l'état normal, la température de chaque homéotherme est ainsi conditionnée, entre autres choses, par un *seuil glycémique*, au-dessous duquel elle ne peut être maintenue.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'ouabaïne et de la strophantine sur la sécrétion salivaire et mécanisme de cette action.* Note de M. **A. Richaud**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours d'une étude de Pharmacodynamie comparée entre la strophantine et l'ouabaïne, nous avons été conduit à observer un effet de ces substances qui, jusqu'ici, était demeuré à peu près inaperçu, bien que des plus nets, et qui consiste dans l'action qu'elles exercent sur la sécrétion salivaire, et sans doute aussi sur d'autres sécrétions. Disons cependant qu'en remontant aux publications déjà anciennes faites sur le *Strophantus*, nous avons trouvé le phénomène mentionné, mais sans plus, dans un travail de MM. Mairet, Combemale et Grognier [1].

Ces auteurs, dans le but d'étudier l'action des doses thérapeutiques de *Strophantus*, ayant administré à des chiens, par la voie hypodermique, des doses de *Strophantus* (?) variant entre $0^{g},000083$ et $0^{g},00016$ par kilogramme de poids du corps, avaient noté en ce qui concerne les sécrétions : « Salivation notable dès le début, augmentation du mucus nasal, larmoiement. » Toutefois, dans leur Communication, ils n'insistent pas autrement sur le phénomène et, d'autre part, ils ne précisent pas l'espèce du *Stro-*

(1) *Recherches sur l'action physiologique du* Strophantus *et sur le mécanisme de cette action* (*C. R. Soc. Biol.*, 1887).

phantus qu'ils ont employé, pas plus d'ailleurs que la nature de la préparation qu'ils ont expérimentée.

A vrai dire, dans nos premières expériences, le phénomène n'avait pas non plus retenu particulièrement notre attention et nous nous étions borné à le noter sur quelques-uns de nos tracés. Toutefois, par sa répétition d'une part, certaines particularités de son action d'autre part, il devait s'imposer à notre observation. Nous vîmes tout d'abord que pour le faire apparaître il était nécessaire d'injecter d'emblée à l'animal une quantité suffisante de la substance, puis, que son apparition paraissait coïncider avec la phase d'augmentation de pression; enfin que le phénomène devenait parfois plus particulièrement apparent à la phase des troubles respiratoires.

Plusieurs hypothèses se présentaient donc à l'esprit : ou il s'agissait de salive asphyxique, ou d'une action de la substance sur les nerfs sécrétoires, ou enfin, d'une hypersécrétion liée à l'augmentation même de la pression sanguine.

En introduisant une canule dans le canal de Wharton, nous vîmes tout d'abord que l'hypersécrétion de la glande n'était arrêtée ni par la section de la corde du tympan, ni par celle du sympathique, tout au moins pendant tout le temps que la pression restait suffisamment élevée, mais que lorsque après la section de la corde la pression tombait brusquement, immédiatement l'hypersécrétion s'arrêtait. Il convenait néanmoins d'analyser le phénomène de plus près, et c'est ce que nous avons pu faire au moyen de l'expérience suivante :

Sur un chien chloralosé (fox blanc, 9^{kg}), on introduit une canule dans le canal de Wharton droit et une canule dans le canal de Wharthon gauche. Les canules sont disposées de manière que les gouttes de salive qui s'écouleront éventuellement soient reçues sur les palettes du tambour rhéographe de Gley. D'autre part, on prépare la carotide gauche, qu'on met en relation suivant la technique habituelle avec un manomètre de Marey; enfin on pratique l'énervation de la glande sous-maxillaire droite (corde du tympan et ganglion cervical supérieur). L'animal étant ainsi préparé, on enregistre d'abord la pression et l'on constate qu'au début de l'expérience cette pression est de 15^{cm} à 16^{cm} de mercure. On fait alors une injection intraveineuse de $0^{mg},5$ d'ouabaïne en solution au $\frac{1}{1000}$: la pression s'élève aussitôt à 19^{cm}-20^{cm} de mercure; mais il n'y a ni écoulement salivaire droit, ni écoulement salivaire gauche. On fait alors (3 minutes après la première) une nouvelle injection de 1^{mg} : la pression monte à 22^{cm} et, presque en même temps, la glande sous-maxillaire gauche, non énervée, commence à sécréter. Au bout de quelques instants, la pression se maintenant ou même s'élevant encore (23^{cm} à 24^{cm}), la glande sous-maxillaire droite, *énervée*, sécrète à son tour, et tout aussi activement que la glande gauche, intacte.

Ainsi, la section de la corde du tympan et l'arrachement du ganglion cervical supérieur n'empêchent pas l'action sécrétoire que l'ouabaïne exerce sur la glande sous-maxillaire; la suppression de l'appareil nerveux glandulaire retarde seulement l'apparition du phénomène. Il n'en demeure pas moins nettement établi que ce n'est pas par une action sur le système nerveux glandulaire que l'ouabaïne produit l'hypersécrétion de la glande. Et comme, d'autre part, ainsi que nous l'avions déjà observé au cours d'expériences antérieures, l'écoulement salivaire coïncide avec l'élévation de pression, ou du moins la suit de très près, et que, de plus, la quantité de salive excrétée paraît augmenter en même temps que la pression, on est bien amené à penser à l'hypothèse d'une relation de cause à effet entre les deux phénomènes. Mais on ne saurait s'y arrêter; car, si tel était le mécanisme de l'action hypersécrétoire de l'ouabaïne, on ne comprendrait pas que d'autres substances qui élèvent autant ou plus même que l'ouabaïne la pression sanguine ne manifestent pas en même temps une action glandulaire corrélative. Reste donc l'hypothèse, très probable, d'une action de la substance sur les cellules glandulaires elles-mêmes; mais, pour l'instant, nous ne pouvons que nous en tenir aux faits et enregistrer, d'une part, l'action extrêmement nette de l'ouabaïne sur la sécrétion salivaire, et, d'autre part, l'indépendance de ce phénomène d'avec une action directe sur le système nerveux.

L'ouabaïne agit-elle indistinctement sur tous les appareils glandulaires? Présentement, nous ne saurions répondre à la question ainsi posée. Tout ce que nous pouvons dire à cet égard, c'est que nous l'avons vue provoquer du larmoiement et, parfois, un écoulement nasal très marqué. C'est ainsi que, dans une expérience, nous avons pu, en très peu de temps, recueillir 100^{cm^3} environ d'un liquide louche, contenant des grumeaux, de réaction acide au tournesol.

Ajoutons que l'action glandulaire dont nous venons de parler n'est pas particulière à l'ouabaïne et qu'on la retrouve avec la strophantine, quoique, semble-t-il, à un moindre degré.

PHYSIOLOGIE. — *Adrénaline et quinine, leur antagonisme.* Note de MM. **A. Clerc** et **C. Pezzi**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Note récente ([1]), présentée à la Société de Biologie, nous avons mis en évidence l'action remarquablement modératrice de la quinine sur l'ensemble des fonctions qu'on attribue au muscle cardiaque. Nous avons insisté, en particulier, sur la paralysie de l'appareil nerveux accélérateur, démontrée par le fait que, chez un chien suffisamment quininisé, on n'observe plus la tachyarythmie caractéristique, après injection intraveineuse d'une dose de nicotine, qui ordinairement la produit d'une manière élective.

La similitude entre l'action de la nicotine et celle de l'adrénaline nous a fait rechercher s'il n'existerait pas aussi d'antagonisme entre la quinine et cette dernière substance, antagonisme d'autant plus facile à mettre en relief qu'on peut, avec l'adrénaline, par les injections espacées d'une dose identique, obtenir toujours, à coup sûr, les mêmes effets physiologiques.

Dans ce but, nous enregistrions, chez le chien chloralosé, la pression carotidienne, et nous injections dans la saphène une dose d'adrénaline (1^{cm^3} d'une solution à $\frac{1}{20000}$, soit $\frac{1}{20}$ de milligramme) suffisante à produire nettement la réaction cardio-vasculaire caractéristique. Une fois celle-ci terminée, et la pression redevenue normale, nous injections le chlorhydrate de quinine en solution à $\frac{1}{10}$ à une dose variable entre 1^{cg} et 5^{cg} par kilo. On obtient ainsi une chute de pression assez marquée, mais transitoire. Dès que l'équilibre était sensiblement rétabli, nous répétions l'injection d'adrénaline ($\frac{1}{20}$ de milligramme). Dans ces conditions, si la dose de quinine a été au moins de $1^{cg},5$ par kilo, la réaction de l'adrénaline, marquée par la phase des grandes oscillations de pression et de ralentissement cardiaque, est supprimée totalement; seule persiste la réaction hypertensive. Or la période de grandes oscillations et de bradycardie est due à l'excitation exercée par l'adrénaline sur le centre bulbaire du vague. Comme la quinine, à la dose injectée, ne modifie pas sensiblement l'excitabilité du bout périphérique de ce nerf, l'action paralysante de cet alcaloïde ne peut s'exercer que sur le centre bulbaire du pneumogastrique.

Si l'on emploie des doses plus fortes, au moins 4^{cg} par kilo, l'injection

---

([1]) C. Pezzi et A. Clerc, *Action de la quinine sur le cœur* (*C. R. de la Société de Biologie*, t. 82, 1919, p. 1129).

ultérieure d'adrénaline ($\frac{1}{20}$ de milligramme) reste inefficace. Non seulement l'action du vague est supprimée, mais on ne constate plus d'effets sensibles sur la pression artérielle; seul le rythme s'accélère parfois légèrement. Il faut recourir à des doses d'adrénaline au moins doubles ($\frac{1}{10}$ de milligramme) pour obtenir des effets qui d'ailleurs se bornent à une faible élévation de pression. Ces résultats nous conduisent à admettre que l'action dépressive de la quinine sur la fibre cardiaque et sur l'appareil nerveux accélérateur rend nulle l'action renforçante et accélératrice de l'adrénaline.

Restait à voir si l'effet vaso-constricteur était à son tour paralysé; ce qui, *a priori*, paraissait inadmissible, car la quinine aurait aussi le même effet.

L'exploration des réactions vaso-motrices du parenchyme rénal a confirmé cette supposition. Elle nous a montré, d'une part, que la quinine, aux doses considérées, est réellement, bien que légèrement, vaso-constrictive et, d'autre part, qu'elle laisse subsister à peu près intégralement l'action vaso-constrictive de l'adrénaline. Comme pour cette dernière substance, l'action vasculaire de la quinine n'est pas d'origine centrale, mais périphérique, car elle persiste après section du bulbe.

Nous pouvons donc conclure qu'il y a antagonisme entre l'action de la quinine et de l'adrénaline, mais que toutefois l'opposition entre les différents modes d'action de ces deux substances n'est pas absolue.

1° Il y a antagonisme complet dans les cellules du *centre bulbaire du pneumogastrique*, entre l'adrénaline qui l'*excite*, et la quinine qui le *paralyse*.

2° Cette remarque s'applique aussi à l'action *cardiaque; excitante* et *accélératrice* pour l'une, *ralentissante* et *dépressive* pour l'autre.

3° Sur la pression artérielle, même antagonisme : l'une est *hypertensive*, l'autre *hypotensive*. Mais l'adrénaline détermine l'hypertension par une action cardiaque et vasculaire combinées, tandis que la quinine provoque l'hypotension par son action cardiaque dépressive qui l'emporte sur l'*action vaso-constrictive propre aux deux substances*, bien qu'à un degré différent.

Abstraction faite de ce dernier mode d'action qui leur est commun, l'antagonisme entre les deux substances n'en est pas moins remarquable. Si l'adrénaline est un excitant du système nerveux sympathique, il y a lieu d'envisager pour la quinine une action sédative, d'où la possibilité d'applications thérapeutiques nouvelles.

ZOOLOGIE. — *La Symbiose des Fourmis et des chenilles de Lycæna.* Note de M. **Charles Oberthür**, présentée par M. Bouvier.

Jusqu'à ces derniers temps, les entomologistes ignoraient les diverses circonstances de la vie évolutive des *Lycæna arion*, Linné; *alcon*, Hübner; *euphemus*, Hübner, papillons bleus habitant l'Europe tempérée.

On savait seulement qu'au début de sa vie larvaire, *arion* vit sur le *Thymus serpyllum*, *alcon* sur les *Gentianes* et *euphemus* sur la *Sanguisorba officinalis;* mais, après une courte consommation de la fleur des plantes susnommées, la chenille de chacune de ces trois espèces refuse obstinément de continuer à se nourrir du végétal sur lequel la femelle du papillon avait pondu ses œufs. Mon excellent collaborateur Harold Powell et moi, nous avons vu la chenille d'*alcon* mourir de faim à côté de la plante qu'elle dévorait avidement peu de jours auparavant.

En vain, nous lui avons offert toutes les plantes vivant sur la lande bretonne dans le voisinage de la *Gentiana pneumonanthe*, première nourriture de la chenille de *Lycæna alcon;* la chenille a tout refusé.

C'est alors que nous nous sommes inspirés des observations faites à propos de l'espèce voisine *arion*, par le Dr T.-A. Chapman et F.-W. Frohawk (¹). D'après ces entomologistes, la chenille de *L. arion*, abandonnant les touffes de serpolet, se laisse saisir par la fourmi *Myrmica lævinodis* et transporter dans la fourmilière où la chenille se nourrit aux dépens du couvain des fourmis.

En conséquence, nous avons offert des nymphes de fourmi aux chenilles de *Lycæna alcon* qui restaient encore vivantes, mais affamées, dans nos tubes d'élevage. Nous constatâmes que nos chenilles s'efforçaient, en vain, d'entamer l'enveloppe lisse des nymphes de fourmi et finalement périssaient.

Nous jugeâmes que les chenilles se trouvaient trop affaiblies par le jeûne, pour pouvoir mordre efficacement dans la peau un peu dure et tendue des nymphes de fourmi; mais nous n'abandonnâmes pas l'expérience. Nous cherchâmes de nouvelles chenilles plus jeunes, vivant encore dans l'intérieur des fleurs bleues de gentiane, et au moment où les chenilles cessèrent d'être végétariennes, nous leur offrîmes des nymphes de fourmi; mais, cette fois, nous aidâmes, par un coup de scalpel, à l'effusion du

(¹) *Trans. ent. Soc. London*, 1915, p. 298-316.

liquide contenu dans la nymphe et nous vîmes aussitôt la chenille sucer la matière qui s'épanchait de la blessure. Pendant deux semaines environ, nous n'avons cessé de nourrir ainsi, à raison de deux repas par jour, la chenille d'*alcon*. Mais il était évident que ce n'était pas la nourriture naturelle de la chenille, puisque nous intervenions avec notre scalpel.

Nous apprîmes bientôt que la véritable nourriture des chenilles d'*alcon* dans les fourmilières où elles passent, renfermées, tout l'automne, l'hiver et le printemps suivant, était la larve même des fourmis.

En juin 1919, nous avons trouvé la chenille d'*alcon* bien vivante dans les fourmilières, sur une lande de Monterfil (Ille-et-Vilaine) où nous avions pris soin, en septembre 1918, de repérer les gentianes, les fourmilières et les chenilles d'*alcon*. D'ailleurs, nous avions eu la chance de voir une fourmi saisir une chenille et la loger dans sa fourmilière. La chrysalide se forma dans la fourmilière et le papillon en est éclos.

Comment est-il possible que les fourmis aillent chercher les chenilles qui doivent dévorer leurs propres larves, les établissent dans leurs nids et semblent les y traiter affectueusement?

Nous sommes portés à penser que les fourmis cèdent à une gourmandise, les chenilles sécrétant une sorte de miel dont les fourmis se montrent très friandes, ainsi que nous l'a démontré l'élevage que nous avons fait *ab ovo usque ad imaginem*, en tubes de verre permettant de tout voir facilement, de la chenille d'une autre espèce de *Lycæna*, *L. armoricana* Oberth. Dans un tube à part, nous entretenions la fourmi à qui la chenille servait de vache à lait. Chaque jour, deux fois, nous introduisions la fourmi dans le tube réservé à la chenille et à la petite touffe d'*Ulex europœus* dont elle se nourrissait. Nous voyions la fourmi téter la chenille qui faisait émerger ses tubes mellifères.

Nous avons pris soin de faire contrôler toutes nos expériences par le Dr T.-A. Chapman, à qui nous avons envoyé des chenilles vivantes de *Lycæna*. Ses observations furent d'accord avec les nôtres et, en fin juillet 1918, il obtint l'éclosion d'un papillon, *Lycæna alcon*, qui sortit de la fourmilière artificielle où les chenilles, venues de Rennes, avaient été hébergées depuis septembre 1917. Ainsi, les fourmis anglaises se sont immédiatement adaptées à la chenille d'un Lépidoptère qui n'existe plus en Angleterre et que ni elles-mêmes, ni leurs parents n'avaient jamais vue. Est-ce le résultat d'un souvenir ancestral très ancien, la *Lycæna alcon* ayant pu vivre jadis en Angleterre, dont la flore contient des gentianes?

Nous avons voulu étendre à *Lycæna euphemus*, espèce voisine d'*alcon*,

dont j'avais, il y a quelques années, constaté l'existence en Charente, l'étude biologique que M. Powell et moi, nous avons ensemble réalisée à Rennes pour *Lycaena alcon*. Le succès a été complet.

En juillet 1919, M. Powell a trouvé à Mouthiers-sur-Boëme (Charente) un papillon *euphemus* très fraîchement éclos au-dessus d'une fourmilière. Les restes de la chrysalide étaient restés dans la fourmilière. Dès lors la voie était ouverte.

En juillet, la femelle de *L. euphemus* pond ses œufs sur *Sanguisorba officinalis*; la chenille ne tarde pas à éclore et s'enfonce profondément dans la fleur dont elle dévore les organes; bientôt elle sort de cette fleur et se laisse emporter dans les fourmilières par les fourmis qui la saisissent dans leurs mandibules. Elle mange les larves des fourmis, et, durant son repas, au lieu de se courber comme celle d'*alcon*, reste étendue, avec la tête retirée dans le capuchon formé par le prothorax larvaire. L'opération est rapide; sa partie curieuse est le nettoyage de l'intérieur du capuchon qui est soigneusement léché à plusieurs reprises.

Au moment où j'écris ces lignes (4 décembre 1919), les chenilles d'*euphemus*, trouvées en Charente durant les mois d'août et septembre 1919, sont parquées dans des fourmilières artificielles; elles sont bien vivantes, mais difficiles à voir et à étudier; car les fourmis s'alarment au moindre rayon de lumière qui pénètre dans la fourmilière; dans leurs mandibules, elles saisissent les chenilles pour les emporter et parfois si brusquement qu'elles les blessent et les font ainsi mourir, tout en voulant en opérer le sauvetage.

Nous avons le meilleur espoir de voir éclore en juillet 1920 les *Lycæna euphemus* dont les chenilles, d'abord végétariennes, auront vécu pendant environ neuf mois dans l'intimité des fourmis, dévorant leurs larves, mais sécrétant sans doute pour les fourmis une véritable ambroisie, comme celle de *L. armoricana*.

BACTÉRIOLOGIE. — *L'immunité naturelle chez les Insectes. Etude d'un cas d'immunité humorale.* Note [1] de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Au cours de nos recherches sur les maladies microbiennes du Hanneton, pendant la grande invasion de 1919, nous avons isolé un coccobacille nouveau très intéressant par les réactions d'immunité qu'il provoque chez un certain nombre de chenilles de Macrolépidoptères. Par ses propriétés biochimiques, il se rapproche de *B. melolonthæ non liquefaciens* γ, que nous avons trouvé, en 1916, dans le Jura; nous cataloguerons le nouveau coccobacille à la suite de ceux qui ne liquéfient pas la gélatine sous la désignation provisoire de *B. melolonthæ non liquefaciens* ε.

Il ne diffère de l'espèce du Jura que par son action sur les sucres; alors que cette dernière les fait tous énergiquement fermenter, l'autre est sans action sur lactose, saccharose et glycérine.

L'action sur les Insectes est des plus curieuses. Très pathogène pour le Hanneton, le coccobacille est sans action sur les chenilles de *Lymantria dispar*, d'*Euproctis chrysorrhea*, de *Mamestra*, d'*Agrotis*. Nous avons déjà dit [2] que ce microbe provoquait plus sûrement et plus intensément la réaction de caryocinétose, chez ces différentes chenilles, que n'importe quelle autre espèce. Nous sommes en mesure, aujourd'hui, d'expliquer le mécanisme très curieux de cette immunité naturelle. Les nombreuses expériences que nous avons faites peuvent être résumées en une seule dont nous exposerons les détails.

Une chenille adulte de Noctuelle est inoculée, le 19 novembre à $10^{h}30^{m}$, avec une goutte d'une émulsion concentrée de microbes provenant d'une culture sur gélose âgée de 6 jours; tout le temps de l'expérience, la chenille est maintenue à la température de 25°C. Le sang est examiné un quart d'heure après l'inoculation, puis d'heure en heure jusqu'à $18^{h}30^{m}$, puis ensuite de quart d'heure en quart d'heure jusqu'à $21^{h}30^{m}$.

Pendant la première heure, les microbes ne subissent aucun changement apparent, aucune réaction de défense ne se manifeste de la part de la chenille. De la deuxième à la quatrième heure, les microbes se développent acti-

---

(1) Séance du 1er décembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 740.

vement, deviennent très mobiles et prennent la forme coccobacillaire typique; l'organisme ne réagit que faiblement, une proportion infime de microbes passe dans le protoplasme de micronucléocytes. A partir de la quatrième heure, on observe un commencement d'altération des microbes, tout au moins d'une partie d'entre eux : quelques-uns se transforment en granules, d'autres s'entourent d'une sorte de capsule fortement colorée en pourpre par le colorant de Hollande (imitation du colorant de Giemsa) à contours très nets et de forme coccobacillaire.

A un stade plus avancé, la capsule paraît diffuser dans le milieu, et l'ensemble microbien apparaît comme une tache informe colorée en rose; les granules continuent de se former pour disparaître ensuite, en grande partie, dans le sang. Pendant ces transformations, les micronucléocytes phagocytent à la fois les microbes intacts, les granules, et, dans une proportion moindre, les microbes capsulés. Vers la huitième heure, l'aspect du sang sur frottis est le suivant : rares microbes libres intacts, quelques granules et microbes capsulés intacts ou déjà plus ou moins altérés; proportion assez élevée de micronucléocytes avec granules, microbes capsulés et microbes normaux intraprotoplasmiques. A $21^{h}30^{m}$, on peut considérer la réaction comme terminée.

Toutes les expériences que nous avons faites peuvent se ramener au type que nous venons de décrire. Lorsque la température d'expérience est inférieure à 25°, la réaction est plus lente. Quand une chenille a subi une première inoculation, la réaction commence aussitôt après la pénétration des microbes; elle est très intense et très rapide; au bout d'une demi-heure à trois quarts d'heure, on peut la considérer comme terminée. Nous avons pu faire sur une seule chenille 8 inoculations successives : la deuxième 4 jours après la première, les autres de jour en jour; toujours la réaction s'est produite dans la première demi-heure. A la fin de l'expérience, les micronucléocytes apparaissaient sensiblement plus volumineux que dans le sang normal, et leurs noyaux semblaient noyés au sein d'une masse énorme de granules intraprotoplasmiques plus ou moins éosinophiles ou basophiles.

Incontestablement, le principal rôle de défense dans l'organisme des chenilles inoculées avec *B. melolonthæ non liquefaciens* ε est joué par une bactériolysine qui n'est pas préformée dans le sang. La phagocytose ne joue ici qu'un rôle très secondaire. Cette bactériolysine est certainement élaborée par d'autres éléments cellulaires que les micronucléocytes, puisque les microbes ou les granules phagocytés par eux échappent à toute action

bactériolytique immédiate et ne sont digérés que très lentement. Elle ne passe pas dans le sang à la suite de la phagolyse des éléments qui la produisent : en effet, la phagolyse se produit au moment de l'injection et la réaction ne commence que plusieurs heures après cette injection. Nous considérons la bactériolysine comme une véritable sécrétion cellulaire dont la cause directe est le microbe inoculé, ou, plutôt, un produit de sécrétion de ce microbe. Nous avons déjà montré qu'un tel produit déterminait chez les macronucléocytes la réaction de caryocinétose. Y a-t-il corrélation entre les deux phénomènes caryocinétose et bactériolyse ? Nous ne pouvons donner aucune preuve décisive en faveur de cette hypothèse, mais nous croyons néanmoins devoir considérer les macronucléocytes comme les éléments producteurs de bactériolysine.

La transformation des coccobacilles en granules, rappelle beaucoup le phénomène de Pfeiffer observé sur les cobayes immunisés contre le choléra et inoculés sous le péritoine avec le vibrion cholérique. Les deux réactions diffèrent cependant essentiellement l'une de l'autre ; le phénomène de Pfeiffer ne se manifeste que dans le liquide péritonéal des cobayes bien immunisés, tandis que la réaction que nous avons étudiée se produit d'emblée dans le sang des chenilles par le seul fait de la présence des microbes et sans l'adjonction d'aucune substance immunisante. C'est une une réaction exclusivement humorale où la phagocytose et les phagocytes n'interviennent pour ainsi dire pas, mais qui assure néanmoins aux chenilles inoculées une immunité absolue vis-à-vis de *B. melolonthæ non liquefaciens* ε.

MÉDECINE. — *Démonstration expérimentale du rôle des mouches dans la propagation du trachôme (conjonctivite granuleuse)*. Note de MM. **Charles Nicolle, A. Cuénod** et **Georges Blanc**, présentée par M. Roux.

Les mouches sont un fléau des régions méditerranéennes. Harcelant sans cesse l'habitant, elles ne lui laissent, dans certaines régions, aucun repos, à moins qu'il n'ait pris soin de protéger sa maison par des toiles métalliques. Or, tandis que l'européen témoigne, vis-à-vis de l'insecte, d'une susceptibilité naturelle, qu'il réagit à son contact et le chasse sitôt qu'il se pose sur lui, l'indigène n'oppose souvent à son persécuteur aucune résistance. Il laisse les mouches l'assaillir sans broncher et c'est un étonnement du voyageur que de voir avec quelle indifférence ces gens supportent les mouches

installées sur les points les plus sensibles de leur face, en particulier à l'angle interne des yeux. Cette impassibilité s'accroît encore pendant le sommeil; nul geste inconscient ne gêne l'agresseur.

Ce spectacle ne semble guère avoir attiré l'attention du médecin sur le rôle possible des mouches dans la prophylaxie des conjonctivites. Il est pourtant à remarquer qu'en Tunisie la saison des mouches (début de l'automne) est celle aussi, où les conjonctivites sont plus nombreuses.

L'une d'entre elles, le trachôme, est sans doute la pire maladie de nos pays; elle y fait beaucoup d'aveugles et un nombre immense d'estropiés de la vue. Il y a des villages de la Régence, où, de son fait, pas un œil n'est normal.

La propagation du trachôme par contagion directe est généralement admise. Des expériences précédentes ont prouvé qu'il suffisait du plus petit traumatisme de la conjonctive pour assurer l'infection. Néanmoins, la contagion directe ne saurait expliquer, ni que toute une population sans exception puisse être frappée, ni que, dans certains milieux aussi malpropres, des cas restent isolés, ni qu'on trouve çà et là des européens atteints, sans qu'un contact avec l'indigène ait pu se produire.

Les expériences qui suivent montrent qu'on doit incriminer la mouche. Nous les avons réalisées sur le magot d'Algérie (*macacus innuus*), espèce commune, cependant difficile à se procurer, et dont nous devons les exemplaires utilisés à l'obligeante intervention de Mme Flandin. Le magot contracte, à la suite des inoculations, une conjonctivite granuleuse du type humain, remarquable par la rapidité de son évolution, qui aboutit à la guérison en deux mois. Cette infection bénigne est cependant le trachôme; un passage du magot à un aveugle l'a prouvé.

Expérience I. — Sept mouches domestiques, placées dans des tubes individuels, sont portées au voisinage d'une goutte de produits trachomateux humains, frais et délayés dans un peu d'eau. Elles y souillent pattes et trompes, mais de façon légère. Retirées des tubes après 3 heures, elles sont mises dans une cage commune, puis sacrifiées 24 heures plus tard. Têtes et pattes, coupées aux ciseaux, sont broyées dans un peu d'eau physiologique et inoculées aux quatre paupières d'un magot (scarifications d'un côté, injection intra-muqueuse de l'autre). Ce singe a présenté, après une incubation de 15 jours, un trachôme classique qui a duré plus d'un mois.

Expérience II. — Pratiquée de même, avec cette différence que le produit trachomateux avait été recueilli 6 heures avant la contamination des 7 mouches. Même

résultat; incubation plus longue (une vingtaine de jours); infection moins intense, mais du type classique.

Cette conservation du virus trachomateux par des mouches après une souillure superficielle est un fait important; il indique un temps déjà long, pendant lequel le transport par l'insecte est possible. L'importance en est d'autre part singulièrement soulignée par les résultats négatifs que nous ont donnés deux expériences analogues pratiquées avec le virus de la conjonctivite la plus contagieuse, la conjonctivite aigüe. Contaminés très largement par des larmes, où la présence du bacille de Weeks avait été constatée, deux lots de 13 et 15 mouches n'ont pu, 24 heures plus tard, transmettre l'infection à deux personnes [1]. Ces résultats trouvent leur explication dans la fragilité du bacille de Weeks, contrastant avec la résistance du virus trachomateux, déjà prouvée par nos travaux précédents (sept jours au moins de conservation à la glacière).

Conclusions. — 1° La mouche, qui a touché un œil trachomateux, est capable de transmettre l'infection pendant un délai de 24 heures au moins.

2° Le résultat est le même si le produit virulent a été conservé 6 heures (cas de linges souillés).

3° Dans les mêmes conditions et les mêmes délais la mouche est incapable de transmettre la conjonctivite aigüe.

4° Sans nier la part de la contagion directe, il y a lieu d'attribuer à la mouche un rôle important dans la propagation du trachôme. Ce rôle peut seul expliquer l'intensité de certains foyers, la fréquence de la maladie sur la race indigène et l'éclosion de cas à distance. La prophylaxie du trachôme trouvera dans nos expériences des indications utiles. Il y a lieu de préconiser déjà le grillage par toiles métalliques des salles d'hôpital où sont soignés les trachomateux, et la destruction systématique des mouches.

A 17 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

---

[1] Nous avons pu reconnaître, au cours de nos expériences, l'immunité naturelle du magot vis-à-vis du bacille de Weeks.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de présenter une liste de candidats à la cinquième place de la Division des Applications de la Science à l'Industrie, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne.	M. **Louis Lumière**
En deuxième ligne.	M. **Charles Rabut**
En troisième ligne, ex æquo et par ordre alphabétique.	MM. **Bertrand de Fontviolant** **Léon Guillet** **Maxime Laubeuf** **Maurice Prud'homme**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures.

É. P.

ERRATA.

—

(Séance du 10 novembre 1919.)

Note de M. *E. Bompiani*, Surfaces de translation et surfaces minima dans les espaces courbes :

Page 841, formule (2), *au lieu de* $d\,\delta x_5$, *lire* $d\,\delta x_i$.

Page 842, première formule, *au lieu de*

$$x_i^{11} + \Sigma_{kl}\begin{bmatrix} kl \\ \nu \end{bmatrix} x_l^{10}\, x_k^{01},$$

lire

$$x_i^{11} + \Sigma_{kl}\begin{Bmatrix} kl \\ \nu \end{Bmatrix} x_l^{10}\, x_k^{01}.$$

(Séance du 1er décembre 1919.)

Note de M. *Charles Moureu*, Présentation à l'Académie d'une étude intitulée « Lavoisier et ses continuateurs » :

Page 1014, ligne 11 en remontant, *au lieu de* de découvertes antérieures, *lire* de découvertes antérieures.

Note de M. *G. Sagnac*, Le problème de la comparaison directe des deux vitesses simultanées de propagation et de la révélation de la translation de la Terre :

Page 1028, ligne 3, *au lieu de* la même vitesse C que les ondes à des distances R_1, *lire* la même vitesse C, les ondes se reproduisent à des distances pR_1.

Page 1029, ligne 5, *au lieu de* la valeur RE_0 qui serait réalisée, *lire* l'ondulation totale qui serait réalisée.

Note de M. *Charles Staeling*, Sur la radioactivité de l'uranium :

Page 1037, ligne 2 du tableau, *au lieu de* 6 nov. 1914, *lire* 6 nov. 1919.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** insiste auprès de ses Confrères sur la nécessité d'exiger des auteurs dont ils présentent des Notes, qu'ils livrent un manuscrit écrit lisiblement ou de préférence une copie dactylographiée. La rédaction doit être absolument définitive; seules seront acceptées désormais les corrections purement typographiques, à l'exclusion de tout remaniement de texte et de toute addition.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 12 décembre 1919, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Janet** pour occuper, dans la division des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Landouzy*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Janet** prend place parmi ses Confrères.

M. **A. Lacroix** offre un opuscule intitulé : *Un voyage géologique en Sicile* en 1781. *Notes inédites de Dolomieu*, extrait de la *Revue de la Section de Géographie du Comité des Travaux historiques et scientifiques*, 1918, p. 187. C'est la reproduction annotée d'un carnet de voyage de l'illustre savant retrouvé parmi ses papiers. Ces notes sont intéressantes pour l'histoire de la géologie.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Cyclostègues de d'Orbigny.* Note de M. **H. Douvillé**.

D'Orbigny a institué un ordre des Cyclostègues pour les Foraminifères présentant un développement annulaire, *Cyclolina*, *Orbitolites*, *Orbitolina* et *Orbitoides*. Une première distinction est à établir, d'après la nature du test, compacte dans les premiers genres, poreuse dans le dernier. Mais dans chacun de ces groupes il est facile de voir que les Foraminifères en question présentent de telles différences qu'il est impossible de les considérer comme formant une famille naturelle; ils sont sans liens de filiation directe, comme l'a dit Mun. Chalmas. En réalité, la forme cyclostègue doit être considérée comme résultant seulement d'un mode de croissance particulier, dépendant probablement d'un genre de vie spécial, et il ne faut y voir qu'un effet de convergence. C'est un caractère secondaire, et il est nécessaire d'avoir recours aux premières phases du développement pour établir les affinités réelles des différents types.

Premier groupe : les Orbitolites. — Il est facile de voir (*fig.* 2, 3, 10, 11, 13, 17) que le mode de croissance cyclostègue n'est qu'une modification progressive du mode spiral : les loges, en croissant mince, s'allongent peu à peu et viennent se rejoindre en arrière. Cette première phase spirale est plus ou moins développée; elle succède directement à l'embryon qui peut être simple comme dans *Peneroplis* (*fig.* 1) ou avec goulot réfléchi comme dans les *Miliolidés* (*fig.* 5 et 6); de là une première division en deux groupes:

I. Le premier groupe apparaît dès le Jurassique inférieur avec *Orb. præcursor* (*Orbitopsella*, Mun. Chalmas) (¹), à forme d'Orbitolite, mais avec une phase spirale bien développée; le test est arénacé alvéolaire et les loges sont traversées par de nombreux piliers. Même constitution du test et mêmes caractères dans *Spirocyclina* du Jurassique supérieur qui, par sa forme, rappelle Orbiculine. Même constitution du test encore dans *Orbitolina*, si développé dans le Crétacé inférieur; la forme, ici, est nettement conique, et les loges sont divisées par des cloisons transversales complètes, en logettes alternant d'un anneau à l'anneau suivant. C'est la disposition bien connue décrite par Carpenter dans *Orbitolites*. Les *Orbitolina* atteignent leur plus grande taille dans le Cénomanien, puis disparaissent.

Un rameau différent, de structure plus simple, vient remplacer ces genres anciens, on pourrait dire les relayer; il comprend des formes toutes remarquables par leur

(¹) *Bull. Soc. géol. de France,* 4ᵉ série, t. 2, 16 juin 1902, p. 351.

extrême minceur. C'est d'abord *Cyclolina* du Cénomanien à test encore arénacé et à loges entières; le test devient porcelané dans les formes du Crétacé supérieur, *Broeckina*,

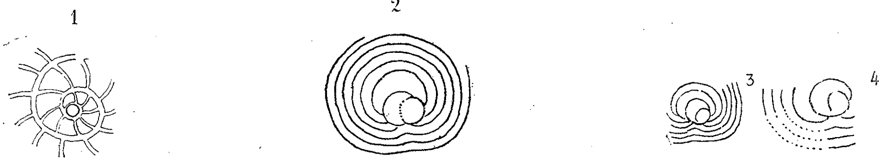


Fig. 1. *Peneroplis* de Suez, gr. 33 fois. — Fig. 2. *Cyclolina cretocea*, du Cénomanien de l'île Madame, gr. 35 fois. — Fig. 3. *Broeckina*, deux embryons du Campanien de Sarlat, gr. 13 fois. — Fig. 4. *Præsorites*, de la même localité, même grossissement.

Mun. Chalmas, à loges entières, et *Præsorites* H. D., à cloisons incomplètes. La phase spirale est très réduite (*fig.* 2 à 4); elle ne se compose plus que de 4 loges dans *Cyclolina* et de 2 seulement dans *Præsorites*.

Dans la période tertiaire, les formes cyclostègues apparaissent dans un groupe très différent, celui des Miliolidès.

Dès 1875, Schlumberger (¹) nous a fait connaître l'embryon des *Quinqueloculina* (*fig.* 5); il revenait sur le même sujet avec Mun. Chalmas, en 1885 (²), et montrait que la mégasphère s'ouvrait sur une sorte de canal, ou goulot, appliqué contre sa paroi et la déprimant plus ou moins (*fig.* 6). Il faut en conclure, disaient-ils, que ce canal s'est formé en même temps que la mégasphère; il doit donc être considéré comme partie intégrante de l'embryon, et celui-ci présente ainsi un plan de symétrie bien caractérisé.

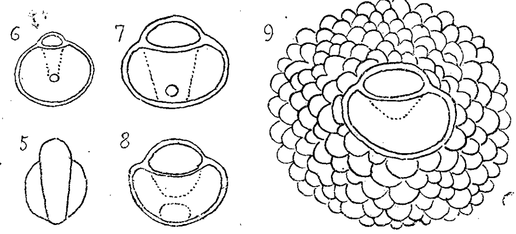


Fig. 5. Embryons de *Quinqueloculina*, d'après Schlumberger, gr. 300 fois. — Fig. 6. Embryon de Miliolidé, d'après MM. Chalmas et Schlumberger. — Fig. 7, 8 et 9. Embryons d'*Orbitolites complanatus* d'Hauteville, gr. 33 fois.

J'ai pu préparer l'embryon de l'*Orbitolites complanatus*, type bien connu et qui apparaît dès l'Éocène inférieur, et j'ai constaté que c'était un embryon typique de Miliolidé (*fig.* 7, 8 et 9), mais d'une très grande taille,

---

(¹) Association française, Congrès de Nantes, 1875.
(²) *Bull. Soc. géol. de France*, 3ᵉ série, t. 13, p. 277.

environ 150 fois plus grand que celui de *Quinqueloculina* figuré par Schlumberger; il présente en outre cette particularité tout à fait exceptionnelle que le développement se fait ensuite dans un *plan perpendiculaire au plan de symétrie de l'embryon;* c'est probablement pour cette cause que la phase spirale fait ici complètement défaut (*fig.* 9). Le développement cyclostègue atteint sa plus grande complication, les logettes alternant d'un anneau au suivant et communiquant seulement avec celles de l'anneau précédent et de l'anneau suivant. Je n'insiste pas sur cette disposition, bien connue depuis les beaux travaux de Carpenter.

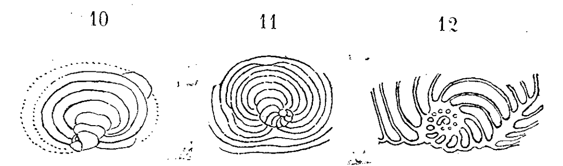


Fig. 10. *Renulites*, d'Hauteville, d'après Carpenter. — Fig. 11. *Archiacina armorica*, de Gahard, gr. 18 fois. — Fig. 12. Section de la même espèce, d'après Schlumberger, gr. 35 fois.

A côté d'*Orbitolites*, nous trouvons d'autres Cyclostègues où la phase spirale est bien développée, mais ici dans le plan de symétrie de l'embryon, comme d'habitude : *Renulites*, Lk. (*fig.* 10) de l'Éocène, qui dans le jeune, d'après Carpenter, ne peut être distingué des *Vertebralina*, et *Archiacina*, Mun. Ch., de l'Oligocène (*fig.* 11 et 12). Ces deux formes ont un embryon de Miliolidé et des loges libres, sans dépôts d'endosquelette. Les cloisons se développent plus ou moins complètement dans les types plus récents *Sorites, Amphisorus, Marginopora;* Carpenter a bien montré les rapports étroits qui existent entre ces trois formes : il n'existe qu'une seule couche de loges dans *Sorites marginalis;* elle se dédouble dans *Amphisorus duplex* de Samoa, comme du reste dans *A. Martini* du Miocène de la Martinique et des îles de la Sonde, tandis que dans *Marginopora vertebralis* une couche à structure d'*Orbitolites* vient s'intercaler entre les deux couches superficielles.

Dans ces trois formes, l'embryon est du type Miliolidé, mais on voit la phase spirale diminuer progressivement : très développée dans *Sorites* (*fig.* 13), elle se réduit à deux loges dans les autres genres (*fig.* 14, 15 et 16). En même temps, les cloisons se complètent quand on passe de *Sorites* et d'*Amphisorus* à *Marginopora*. Par tous ces caractères, ces formes sont nettement différentes d'*Orbitolites complanatus*.

Un dernier type très singulier est représenté par *Orb. tenuissima* (ou *italica*) (*Discopirina*, Mun. Chalmas) : la phase spirale présente un dévelop-

pement exceptionnel; le jeune présente tous les caractères d'un *Cornuspira*, ou plus exactement d'un *Ophthalmidium;* il se produit ensuite un change-

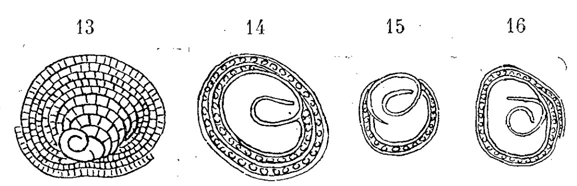


Fig. 13. *Sorites* de Samoa, gr. 33 fois. — Fig. 14. *Amphisorus Martini*, de la Martinique, gr. 33 fois. — Fig. 15. *Amphisorus Hemprichi*, de Samoa, gr. 33 fois. — Fig. 16. *Marginapora*, d'après Carpenter.

ment brusque dans le développement de l'individu et le mode cyclostègue s'établit progressivement (*fig.* 17), avec ses cloisons incomplètes.

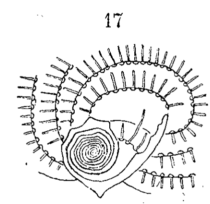


Fig. 17. *Discospirina italica*, d'après Carpenter, gr. 15 fois.

On voit combien sont divers les types que nous venons d'examiner; il ne semble pas que les genres du Secondaire aient aucune parenté avec ceux des époques plus récentes. Ceux-ci appartiennent tous à la famille des Miliolidés, et les trois genres *Sorites*, *Amphisorus* et *Marginopora* paraissent bien représenter trois stades d'évolution d'un même type; mais leur parenté avec *Orbitolites* reste bien douteuse, et en tout cas *Renulites*, *Archiacina* et *Discospirina* sont trop différents dans leur phase spirale pour pouvoir être rapprochés soit les uns des autres, soit des types précédents. Nous allons retrouver la même diversité dans les formes à test poreux ou vitreux.

II. *Deuxième groupe : les Orbitoïdes.* — Un caractère nouveau apparaît, résultant de la complexité toute particulière de l'embryon dans les formes A mégasphériques. Pour pouvoir l'interpréter, il faut se reporter au mode de reproduction des Foraminifères : le noyau unique de l'animal se fractionne d'une manière *régulière* par une sorte de caryocinèse, de manière à donner un grand nombre de *cellules filles* toutes égales, qui vont devenir de nouveaux individus mégasphériques; ils ont été retrouvés encore inclus dans les loges de la mère, par exemple par Schlumberger dans *Quinqueloculina*, et par Brady dans *Marginopora*. Dans le cas de danger pour la

persistance de l'espèce, les cellules filles s'enkystent, *la division régulière par caryocinèse continue*, elle produit des cellules *petites filles* qui, par rupture du kyste, deviennent des spores, se conjuguant deux à deux et donnant ainsi naissance aux formes B microsphériques, plus vigoureuses, plus résistantes que les formes A.

J'ai signalé (¹) dans plusieurs Foraminifères (*Nammulites*, *Arnaudiella*) une modification curieuse : la cellule fille, au lieu de se développer normalement, se divise une fois par caryocinèse, et les *deux nouvelles cellules* (²) *restent associées*, produisant ainsi un individu qui n'est plus unicellulaire comme le sont normalement les Foraminifères. C'est un troisième mode de reproduction, et il en résulte, comme dans le cas de conjugaison des spores, des individus plus vigoureux. Ainsi, *Arnaudiella* bicellulaire dépasse de beaucoup par sa taille les *Siderolites* dont il dérive; en même temps, sa lame spirale s'épaissit beaucoup et se creuse de chambres latérales. Une nouvelle division caryocinétique se produit, donnant naissance à un *embryon quadricellulaire*, et le type abandonnant la forme spirale devient cyclostègue. C'est ainsi que prennent naissance les Orbitoïdes; j'ai indiqué dans une Note précédente (³) l'évolution de l'embryon dans ce groupe, depuis *O. Tissoti* du Campanien inférieur et *O. media* du Dordonien (*loc. cit.*, *fig.* 2, 5 et 6) jusqu'à *O. apiculata*, du Maëstrichtien (*loc. cit.*, *fig.* 7 à 12); les logettes sont disposées comme dans *Orbitolites*, elles sont arrondies en avant et assez écartées, et dans leurs intervalles se développent des piliers plus ou moins allongés radialement, ondulés ou vermiformes; le réseau est à mailles losangiques aplaties.

Simplorbites gensacica n'est qu'un type aberrant, résultant d'une dégénérescence pathologique de l'embryon, par gigantisme (*loc. cit.*, *fig.* 13 à 15); le reste de la structure est exactement celle d'*O. apiculata* du même niveau.

Une branche distincte de la précédente est caractérisée par l'absence de couches latérales, bien que le toit des logettes soit poreux : c'est *Omphalocyclus macropora*, à forme d'Orbitolite; il dérive probablement directement de *Siderolites* également poreux et dépourvu de couches latérales : l'embryon quadricellulaire est identique à celui d'*O. Tissoti*. La couche cyclostègue se dédouble de manière à former les deux revêtements superficiels de la

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 146.

(²) Je n'ai pas besoin de dire qu'il ne faut pas confondre les cellules de protoplasme nucléées avec les chambres, loges ou logettes de la coquille.

(³) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 664 et 721.

coquille, tandis qu'au milieu se développent deux ou trois couches de logettes quadrangulaires un peu irrégulières. Cette disposition rappelle celle de *Marginopora*.

Toujours dans le Maëstrichtien apparaît un type nouveau : la cellule fille ne se divise plus, elle conserve sa forme sphérique primitive et donne naissance par accroissement direct, à une deuxième loge réniforme ou en croissant, plus grande qu'elle-même; à ce moment, il se produit un arrêt, une sorte d'enkystement, après lequel s'établit directement le mode de développement cyclostègue, comme dans les formes précédentes; c'est le genre *Lepidorbitoïdes* Silvestri. Les logettes (*loc. cit.*, *fig.* 16) sont également convexes en avant, mais un peu plus allongées et plus serrées, de sorte que le réseau qu'elles forment est à mailles hexagonales; de plus, elles semblent bien dépourvues de véritables ouvertures, leur face antérieure étant formée par le prolongement poreux de la lame spirale.

J'ai montré précédemment comment ce genre passe aux *Orthophragmina* par allongement des logettes et aplatissement de leur face antérieure; la disposition de l'embryon reste la même, mais on voit reparaître les ouvertures des logettes.

Ce groupe paraît bien résulter de l'évolution des *Lepidorbitoïdes* et constituer ainsi une nouvelle branche différente des précédentes; les couches latérales sont bien développées et la forme, par suite, est lenticulaire, mais les piliers sont polygonaux ou arrondis. Il est probable qu'elle dérive d'*Orbitella* par une modification du développement de l'embryon.

Une modification analogue, avec reprise de la division caryocinétique, mais une fois seulement, permet de passer aux Lépidocyclines : dans les formes les plus anciennes, *Isolepidina* (*loc. cit.*, *fig* 28), l'embryon est bicellulaire, mais les deux cellules se développent inégalement, et l'une d'elles devient réniforme dans *Nephrolepidina* (*loc. cit.*, *fig.* 33) ou embrassante dans *Eulepidina* (*loc. cit.*, *fig.* 31, 32). Le réseau est à mailles ogivales dans le premier cas, hexagonales dans le second.

Le genre *Pliolepidina* (*loc. cit.*, *fig.* 34), avec son embryon pluricellulaire, semble correspondre comme *Simplorbites* à une dégénérescence pathologique par gigantisme.

Je citerai, pour mémoire seulement, le genre *Miogypsina*, cyclostègue, dans l'adulte, mais spiral dans le jeune.

En résumé, on voit que les Orbitoïdes sont constituées par une série de branches distinctes, dont on peut suivre l'évolution indépendante pendant les temps géologiques.

BOTANIQUE. — *Semis comparés à une haute altitude et dans la plaine.* Note de M. GASTON BONNIER.

Les expériences de cultures comparées que j'ai installées à diverses altitudes dans les Alpes depuis 1884, et dans les Pyrénées depuis 1888, avaient presque exclusivement été faites avec des plantes vivaces et sans passer par la graine, c'est-à-dire par l'œuf. Dans ces cultures, un pied d'une même plante était divisé en deux parties, l'une cultivée dans la plaine, l'autre à des altitudes variant de 700^m à 2400^m. Il s'agissait, dans ces recherches, d'examiner les variations de forme et de structure que pouvait apporter le changement de climat sur un *même être*, déjà complètement développé et séparé en *deux individus*.

Au sujet de ces cultures, j'ai pu constater qu'au bout de plus de trente ou de trente-cinq ans, les échantillons de plaine cultivés sur le même sol aux diverses altitudes avaient acquis complètement la forme et la structure des plantes de même espèce (en entendant ce mot dans un sens très large) qui croissent naturellement à cette altitude. L'adaptation au climat subalpin ou au climat alpin a donc été complète pendant ce temps. Les changements obtenus dans la forme et la structure sont même parfois assez grands chez certaines de ces plantes, pour leur avoir donné les caractères non seulement de variétés alpines, mais encore de races ou de sous-espèces, lesquelles ont été décrites comme espèces spéciales par plusieurs botanistes descripteurs.

Cette année, j'ai établi dans les Pyrénées, à 2000^m d'altitude, et dans la plaine, à Fontainebleau, sur le même sol (transporté de cette dernière localité jusqu'à la station supérieure), non pas des plantes déjà complètement évoluées, mais des semis, dans le but de chercher si l'adaptation au climat alpin ne se manifesterait pas déjà par quelques indications au début du développement.

Les semis ont été établis pour trente espèces de plantes, le même jour, 5 juillet, et sur la même terre, d'une part à Pène-Blanco (2000^m d'altitude) sur le Pic-du-Midi-de-Bigorre, d'autre part dans le terrain du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Les graines provenaient, pour chaque espèce, de la même plante ayant poussé dans la plaine. Je remercie vivement M. Joseph Bouget, le zélé Botaniste de l'Observatoire du Pic-du-

Midi pour les soins qu'il a donnés aux semis effectués dans la station de Pène-Blanco.

Les germinations, l'évolution des diverses espèces et, lorsqu'il y avait lieu, leur floraison ou leur fructification, ont été suivies pendant la courte saison qui commence en juillet pour se terminer à la fin de septembre, époques où la neige de l'hiver disparaît puis reparaît et se réinstalle pour l'hiver suivant dans la station supérieure. Voici quelques observations parmi celles que j'ai faites à ce sujet.

Naturellement, comme il était facile de le prévoir, étant donnée la grande différence entre les intégrales de températures utiles dans l'une et l'autre des stations, toutes les plantes issues des graines semées à 2000^m d'altitude ont acquis une taille beaucoup moindre que celles provenant des graines comparables germant dans la plaine. Cette grande différence s'est produite pour les quelques espèces qui ont fleuri et fructifié dans ce court espace de temps, et, dès la première année, dans l'une ou l'autre station, mais elle était encore plus accentuée pour les espèces dont l'évolution avait été retardée par le climat des hautes altitudes. C'est ce qu'indiquent les quelques exemples suivants :

Noms des espèces semées le 1er juillet 1919 dans les deux stations (graines provenant d'une même plante de plaine).	Dates des mesures (1919).	Longueur des échantillons les plus grands.	
		Station de plaine (Fontainebleau), altitude : 78^m.	Station alpine (Pène-Blanco), altitude : 2000^m.
		cm	cm
Nigella arvensis L.	30 septembre	35	2,5
Sinapis arvensis L.	30 septembre	53	30,3
Lychnis dioica L.	30 septembre	60	2
Saponaria officinalis L.	30 septembre	28	4
Trifolium pratense L.	30 septembre	38	8,3
Medicago sativa L.	30 septembre	62	5,2
Centaurea Cyanus L.	30 septembre	65	35
Lappa minor Mill.	10 et 13 septembre	22	1
Sonchus arvensis L.	30 septembre	70	0,5
Hordeum murinum L.	30 septembre	35	15

Remarquons que, dans les cas où la différence de taille est la moins grande, comme pour le *Sinapis arvensis* et le *Centaurea Cyanus*, les échantillons étaient fleuris dans les stations et avaient, par conséquent, atteint leur développement complet.

La mesure des feuilles les plus grandes est aussi de quelque intérêt; on peut citer les exemples suivants :

Noms des espèces semées le 1er juillet 1919 dans les deux stations (graines provenant de la même plante de plaine).	Dates des mesures (1919).	Mesure des feuilles les plus grandes. Station de plaine (Fontainebleau), altitude : 78m.	Station alpine (Pène-Blanco), altitude : 2000m.
Nigella arvensis L.	23 et 30 septembre	limbe { longueur : 38mm / largeur : 26mm	limbe { longueur : 17mm / largeur : 13mm
Aquilegia vulgaris L.	23 et 30 septembre	limbe { longueur : 35mm / largeur : 32mm	limbe { longueur : 4mm / largeur : 3mm,5
Lychnis dioica L.	30 septembre	limbe { longueur : 70mm / largeur : 35mm	limbe { longueur : 25mm / largeur : 12mm
Papaver Rhœas L.	30 septembre	feuille { longueur : 145mm / largeur : 62mm	feuille { longueur : 80mm / largeur : 16mm
Trifolium pratense L.	10 septembre	foliole, longueur : 60mm	foliole, longueur : 13mm
Malva silvestris L.	30 septembre	limbe, largeur : 160mm	limbe, largeur : 44mm
Lappa minor Miller	30 septembre	limbe, largeur : 95mm	limbe, largeur : 40mm
Rumex Patientia L.	30 septembre	limbe { longueur : 310mm / largeur : 103mm	limbe { longueur : 100mm / largeur : 32mm
Hordeum murinum L.	30 septembre	feuille, longueur : 350mm	feuille, longueur : 150mm

Mais il n'y a pas que la grandeur des feuilles qui soit modifiée, dès le début, par l'influence du climat alpin; dans la plupart des cas, leur forme est aussi changée, en ce sens qu'une sorte d'accélération de développement se manifeste rapidement. Si l'on compte les entre-nœuds, la feuille du troisième ou quatrième entre-nœud a le plus souvent une forme différente lorsqu'elle se développe à une grande altitude. C'est ainsi que les premières feuilles du *Lappa minor*, par exemple, qui, provenant de la graine semée en plaine, sont allongées et entières, ressemblant un peu à des feuilles de *Scabiosa Succisa*, acquièrent déjà, dans la culture supérieure, la forme des feuilles ultérieures des échantillons provenant du semis de plaine, avec un pétiole allongé et un limbe en cœur renversé. C'est ainsi que, dans les semis supérieurs, le *Trifolium pratense*, acquiert rapidement des feuilles à folioles presque arrondies et non allongées comme celles des semis de la plaine. Le *Nigella arvensis* montre aussi des feuilles premières à lobes moins étroits et d'une forme un peu différente, etc.

Un caractère alpin, caractère de protection contre les alternatives de température très marquées, se manifeste aussi chez plusieurs espèces cultivées comparativement; c'est une plus grande abondance d'un feutrage ou d'un duvet de poils protecteurs à la surface des tiges ou des feuilles (*Lychnis dioica, Lappa minor, Trifolium pratense*, etc.).

On sait aussi, comme l'a montré Overton, et comme je l'ai constaté dans mes cultures des Alpes, qu'un caractère alpin, déterminé par le froid nocturne, est le développement, chez les plantes des hautes altitudes, d'une substance rouge (anthocyane) qui se forme dans les feuilles. Or, dès le début de l'évolution de la plante, venant de germer, cette plus intense production d'anthocyane se montre chez beaucoup d'espèces; par exemple, le *Malva silvestris*, de la culture du Pic du Midi, a offert dans le limbe de ses feuilles une bordure d'un rouge violet, un pétiole rouge et, à la jonction du pétiole et du limbe, une tache palmée de la même couleur et très caractéristique, tandis que les échantillons de plaine de la même espèce étaient à feuilles entièrement vertes. De même, les *Medicago sativa* et *Senecio vulgaris* des cultures de haute altitude sont d'une teinte rouge, les échantillons comparables de plaine étant d'un vert franc; dans le *Trifolium pratense* les taches rouge violacé des folioles s'accentuent dans les semis de montagne, etc.

Ces cultures, faites par semis, montrent aussi que le nanisme des plantes alpines peut être produit pour diverses causes. D'abord, il est évident que le ralentissement du développement dû au climat alpin produit des végétaux plus petits, à entre-nœuds moins grands et par conséquent à feuilles serrées. Mais d'autre part, lorsque la plante, provenant d'une graine de plaine, a acquis une taille assez grande dans la station supérieure, il suffit d'un froid nocturne un peu intense pour geler toute la partie supérieure des tiges aériennes; alors, la plante forme à la base de la tige plusieurs rameaux à feuilles serrées, peu élevés, et qui sont le début de ces formations en touffes qui caractérisent les plantes alpines. C'est ce qui s'est produit dans ces cultures pour le *Medicago sativa*, le *Centaurea Cyanus*, etc. Enfin, la neige est aussi une des causes du nanisme, non pas en produisant un froid intense, mais au contraire en aplatissant sur le sol, par son poids, les tiges et les feuilles tout en les protégeant contre les variations de température.

Il résulte donc, en somme, de l'étude première de ces cultures par semis, en plaine et en montagne, que dès le début de l'évolution des plantes il se manifeste déjà une notable adaptation au climat alpin, ce qui vient, ainsi que mes anciennes expériences, à l'appui des idées de Lamarck, confirmées par de nombreuses recherches sur la morphologie expérimentale des végétaux.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des fluides.* Note [1] de M. E. **Ariès**.

En voulant étendre nos recherches sur l'équation d'état des fluides,

$$(1) \qquad p = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{\varphi}{(v + \beta)^2},$$

dans laquelle φ, α et β sont trois fonctions de la température, la première étant de la forme

$$(2) \qquad \varphi = \frac{K}{T^n},$$

nous avons dû reconnaître qu'il n'était pas toujours possible de trouver une valeur convenable de l'exposant n.

En prenant dans l'ordre naturel où ils se présentaient, sept des trente substances étudiées par M. S. Young dans son Mémoire, publié en 1910, nous avons pu, cependant, arriver à une bonne détermination de cet exposant en utilisant, comme nous l'avons expliqué [2], une importante propriété de la formule

$$(3) \qquad v_1 - v_2 = \frac{RT_c}{8 P_c} \frac{x}{\tau^{n+1}} (y_1 - y_2),$$

en vertu de laquelle la connaissance des éléments critiques T_c, P_c et de la tension de vaporisation ainsi que des volumes moléculaires v_1 et v_2, à toute température donnée, assignait une valeur bien définie à l'exposant n pour cette température.

Cette valeur est assez sensiblement indépendante de la température, non seulement pour ces sept corps, mais encore pour un certain nombre des autres corps étudiés par M. S. Young, tels que l'acétate de méthyle, l'acétate d'éthyle, le propionate de méthyle, le propionate d'éthyle, le butyrate et l'isobutyrate de méthyle, le pentane. Mais nous avons constaté aussi, qu'aux hautes températures, l'exposant n s'écartait notablement de sa valeur moyenne et que cet écart prenait parfois une importance excessive.

Il en résulte que les formules tirées de l'équation d'état perdent de leur exactitude aux températures voisines de l'état critique. Toutefois, il nous a

---

(1) Séance du 8 décembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 930.

été possible de passer outre à ces imperfections et d'établir, pour l'acétate de propyle et pour le formiate d'éthyle, une équation d'état donnant, d'une façon générale, les résultats pratiques les plus satisfaisants [1].

Mais, ce qui est plus grave, il existe certains corps, l'éther et le chlore, par exemple, pour n'en citer que deux, qui ne se prêtent à aucune détermination possible de l'exposant n. Pour l'éther, on trouve par l'application de la formule (3) aux données de l'expérience : à 30°, $n = 1{,}90$; à 100°, $n = 1{,}45$; à 170°, $n = 0{,}90$. Il est bien évident qu'on ne peut choisir aucune valeur constante de n avec l'espoir d'en déduire, par la formule (3), une représentation acceptable de la différence $v_1 - v_2$, à toute température.

La fonction φ, exprimée d'une façon si simple par la formule (2), et que nous avons adoptée dès le début de nos études, nous avait conduit jusqu'ici à des résultats intéressants. Nous venons cependant, par les remarques qui précèdent, de lui reconnaître quelques tares. Nous en indiquerons une autre, qui n'est pas à négliger : au zéro de la température absolue, φ devient infini, et le second terme de l'équation (1), qui représente la *pression interne*, devient lui-même infini, ce qui est peu compatible avec les conceptions des théories mécaniques et cinétiques. D'ailleurs, cette valeur infinie de la fonction φ entraîne à bien d'autres difficultés pour obtenir que l'équation d'état s'accorde avec les nombreuses propriétés des corps au voisinage du zéro absolu, propriétés dont nous avons donné les démonstrations dans deux Communications à l'Académie [2].

Toutes ces considérations font apparaître la possibilité d'améliorer encore notre équation d'état. Il faut, pour cela, laisser tout d'abord la fonction φ complètement indéterminée, et baser l'expression définitive à lui donner sur les valeurs qu'elle doit avoir à un certain nombre de températures convenablement espacées.

Or l'équation (1) jouit précisément de cette remarquable propriété qu'on en tire des formules qui permettent de déterminer, à toute température, pour un corps, la valeur, non seulement de la fonction φ, mais encore et séparément des fonctions α et β, quand on connaît pour ce corps, à cette température, avec les données fondamentales T_c et P_c, la tension de vapeur saturée et les volumes moléculaires v_1, v_2, ou, ce qui revient au même, les deux densités du corps pris à l'état de saturation.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1188, et t. 169, 1919, p. 216 et 602.

(2) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 343 et 593.

Pour la simplicité des formules, nous avons dû substituer aux fonctions α et β les deux fonctions équivalentes Γ et a définies par les relations ([1])

$$(4)\qquad \Gamma = \frac{\alpha+\beta}{\alpha_c+\beta_c} = \frac{\gamma}{\gamma_c} = \frac{RT_c}{8P_c}\gamma,$$

$$(5)\qquad a = \frac{\alpha}{\alpha+\beta} = \frac{\alpha}{\gamma} = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{\alpha}{\Gamma}.$$

Pour la même raison, il sera commode de remplacer la fonction φ par une autre qui sera l'exposant n lui-même, considéré comme fonction de la température, en sorte que les fonctions φ et n restent reliées par la relation (2).

Dans ces conditions, quand les fonctions n, Γ et a de la température réduite τ sont supposées connues, la plupart des formules tirées de l'équation (1), et applicables à l'état de saturation, conservent les formes que nous leur avons trouvées jusqu'ici.

La tension réduite de vapeur saturée $\Pi = \frac{P}{P_c}$ est encore donnée par le système des deux équations ([2])

$$(6)\qquad \Pi = \tau^{n+2}\frac{Z}{x}, \qquad x = \tau^{n+1}\Gamma.$$

Les volumes moléculaires du corps saturé à l'état de vapeur et à l'état liquide restent soumis aux formules ([3])

$$(7)\qquad v_1 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\tau^{n+1}}(a+y_1) = \frac{RT_c}{8P_c}\Gamma(a+y_1),$$

$$(8)\qquad v_2 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\tau^{n+1}}(a+y_2) = \frac{RT_c}{8P_c}\Gamma(a+y_2).$$

Seulement, dans ces trois formules, n est à considérer comme une fonction de la température τ.

La formule qui donne la chaleur de vaporisation L est, seule, légèrement modifiée, et devient ([4])

$$(9)\qquad \frac{L}{RT} = (y_1 - y_2)\left[\frac{2+n+\tau\log\tau\,\frac{\partial n}{\partial\tau}}{8}Z + \frac{\frac{\partial}{\partial\tau}\log x}{y_1 y_2}\right].$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 447, et t. **168**, 1919, p. 714.

(2) *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 57.

(3) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 714.

(4) Le lecteur arrivera facilement à la formule (9) en portant les modifications nécessaires à la démonstration donnée dans notre Note des *Comptes rendus*, t. **168**,

Nous rappelons que dans les formules (6), (7), (8) et (9) la valeur de x est donnée, à chaque température τ, par la seconde des équations (6), d'où l'on tire, par la Table de Clausius, les valeurs de $\frac{Z}{x}$, Z, y_1 et y_2.

Nous nous proposons d'appliquer les principes qui viennent d'être exposés à la détermination de l'équation d'état de l'éther, équation dont nous avons essayé, sans succès, d'aborder l'étude à plusieurs reprises, dans l'hypothèse jusqu'ici admise que l'exposant n devait être invariable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés du formiate et du carbonate de méthyle.* Note (1) de MM. V. **Grignard**, G. **Rivat** et Ed. **Urbain**.

Dans une Note récente, nous avons indiqué, à grands traits, les conditions générales de la chloruration, à fond, du formiate de méthyle. Dans la pratique, il est parfois plus pratique de partir du chloroformiate, moins volatil; mais celui-ci, préparé par l'action du phosgène sur l'alcool méthylique, contient, en général, des quantités notables de carbonate de méthyle (jusqu'à 25 pour 100 dans les produits industriels) (2). Cette circonstance nous a permis de rencontrer, au cours de nos recherches, plusieurs dérivés de chloruration du carbonate de méthyle qui n'avaient pas encore été décrits. Nous avons pu isoler, en outre, dans un état de pureté assez satisfaisant, les chloroformiates de méthyle monochloré et dichloré que Hentschel (3) n'avait pu séparer et qui viennent d'être étudiés par MM. Kling, Florentin, Lassieur et Schmutz (4). Nous allons décrire ces différents corps en faisant remarquer que les circonstances ne nous ont pas permis de faire une étude systématique de leur préparation.

1919, p. 204, démonstration qui suppose n constant. Il conviendra, pour cela, de remplacer, dans l'équation

$$\frac{L}{T} = R\log\frac{v_1-\alpha}{v_2-\alpha} + \frac{\partial\varphi}{\partial T}\left(\frac{1}{v_1+\beta} + \frac{1}{v_2+\beta}\right) - RT\frac{\partial\gamma}{\partial T}\left(\frac{1}{v_1-\alpha} - \frac{1}{v_2-\alpha}\right),$$

$\frac{\partial\varphi}{\partial T}$ par l'expression $\frac{\varphi}{RT}RT\frac{\partial}{\partial T}\log\varphi$ qui lui est identiquement égale.

(1) Séance du 8 décembre 1919.

(2) Dans un Mémoire d'ensemble aux *Annales de Chimie*, nous indiquerons les précautions à prendre pour réduire fortement cette proportion.

(3) *J. pr. Ch.*, 1887, p. 99.

(4) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1046.

Pour leur analyse (¹) et leur identification, nous avons utilisé l'hydrolyse alcaline, basée sur les observations d'Hentschel et mise au point par M. Delépine (²).

Chloroformiate de méthyle monochloré. — Quand on chlore le chloroformiate au soleil, ou même sous l'influence d'une vive lumière artificielle, on ne peut obtenir qu'un mélange inséparable des dérivés mono et dichloré. Mais à la lumière diffuse faible, la réaction tend à s'arrêter au premier terme. Nous avons pu isoler ainsi un liquide lacrymogène et suffocant dont les analyses s'accordent très sensiblement avec la composition suivante :

$ClCO^2CH^2Cl$, 92 pour 100; $ClCO^2CHCl^2$, 6 pour 100; $CO^3(CH^3)^2$, 2 pour 100.
Ebul. = 106°,5; $D_{14} = 1,456$; $n_D^{22°} = 1,42857$; RM = 23,2 (calc. 22,9).

Chloroformiate de méthyle dichloré. — Quand on opère dans le plomb, sous l'influence des radiations ultra-violettes, on n'arrive pas à dépasser sensiblement une teneur en chlore de 65,5 pour 100, c'est-à-dire voisine du chloroformiate dichloré (65,13 pour 100). Ceci tient à la destruction catalytique des produits qui tendent à se former, par des réactions analogues à celles déjà observées en présence de $AlCl^3$ (Hentschel) ou de $FeCl^3$ (Delépine, Kling).

$$ClCO^2CHCl^2 = COCl^2 + CO + HCl \ (^3) \quad \text{et} \quad CO^2 + CHCl^3$$
$$ClCO^2CCl^3 = 2\,COCl^2 \quad \text{et} \quad CO^2 + CCl^4.$$

Dans ces conditions, le chloroformiate monochloré disparaît progressivement et la rectification permet de séparer le dérivé dichloré du trichloré. Le chloroformiate de méthyle dichloré que nous avons isolé ainsi contenait seulement 2,5 pour 100 de dérivé monochloré (d'après CH^2O, à l'hydrolyse). C'est un liquide lacrymogène et suffocant qui bout à 46°, sous 62^{mm}, et à 111° à la pression ordinaire.

$D_{17} = 1,558$; $n_D^{22} = 1,44322$; RM = 28,04 (calc. 27,85).

(¹) Les dosages de carbone et d'hydrogène, tous excellents, ont été faits au laboratoire de M. le professeur Moureu par M. le pharmacien aide-major Pougnet.

(²) Cette étude sera publiée au *Bulletin de la Société chimique* (communication privée).

(³) Réaction vérifiée séparément en présence des rayons UV et du chlorure plombico-ammoniacal.

Sa constitution a été confirmée en le transformant en carbonate de méthyle dichloré dissymétrique.

Chloroformiate de méthyle trichloré. — Nous l'avons obtenu exempt de carbonate hexachloré, plus pur par conséquent que celui d'Hentschel, en chlorant directement le formiate de méthyle. Moins lacrymogène, mais plus suffocant que les termes précédents, il bout à 125°-126°, sous 748^{mm} et, a $D_{15} = 1,644$ (Hentschel indique Eb. 127°,5-128° et $D_{14} = 1,6525$)

$$n_D^{22} = 1,45664, \qquad RM = 33,0 \text{ (calc. 32,8)}.$$

Carbonate de méthyle trichloré. — Liquide peu irritant obtenu en chlorant modérément à la lumière diffuse le chloroformiate industriel

$$\text{Eb. } 138°; \quad D_{22,5} = 1,297; \quad n_D^{22} = 1,41160; \quad RM = 23,85 \text{ (calc. 24,08)}.$$

Carbonate de méthyle dichloré dissymétrique. — Nous n'avons rencontré aucun carbonate dichloré dans les produits de chloruration du chloroformiate industriel.

Nous avons préparé le dissymétrique par éthérification du chloroformiate dichloré (rendement 90 pour 100). C'est un liquide d'odeur aromatique, moins piquant que le précédent. Il bout à 48°-49° sous 18^{mm} et se décompose notablement avant 150°, à la pression ordinaire

$$D_{17} = 1,412; \quad n_D^{22} = 1,42852; \quad RM = 29,10 \text{ (calc. 29,07)}.$$

Par hydrolyse alcaline, le radical chloré se détruit dans deux sens différents :

$$-O\,CH\,Cl^2 \begin{cases} \nearrow H\,CO\,OH + 2\,HCl \\ \searrow CO \qquad\quad + 2\,HCl. \end{cases}$$

Carbonate mixte de monochloro et de dichlorométhyle. — En poussant un peu plus loin que précédemment la chloruration, le chloroformiate monochloré se chlore plus lentement que le carbonate monochloré, si bien qu'on aboutit à un mélange des chloroformiates mono et dichloré avec un carbonate trichloré, sans pouvoir saisir le carbonate dichloré intermédiaire. Ce carbonate trichloré est un liquide moins piquant que les deux précédents; il bout à 96° sous 45^{mm} et à 177°-179° sous la pression ordinaire

$$D_{18} = 1,553; \quad n_D^{22} = 1,45414; \quad RM = 33,76 \text{ (calc. 33,97)}.$$

C'est certainement le produit que Hentschel (*loc. cit.*, p. 111) a obtenu dans des circonstances analogues, sans pouvoir le purifier complètement,

et auquel il a attribué la formule invraisemblable $C^8H^9Cl^7O^8$. La constitution de ce corps a été établie par sa transformation intégrale en carbonate hexachloré et par son hydrolyse qui donne à la fois CH^2O, CO et CO^2, d'où l'on déduit l'existence des groupements $-OCH^2Cl$ et $-OCHCl^2$.

Carbonate mixte de méthyle et de trichlorométhyle. — Cet isomère du précédent a déjà été préparé et étudié par Hentschel (*loc. cit.*, p. 103, 314); nous l'avons reproduit pour comparaison, en éthérifiant le chloroformiate trichloré. C'est un liquide fortement lacrymogène qui bout à 59°,5-60°, sous 16^{mm}, et à 161°-163° à la pression ordinaire, en dégageant un peu de phosgène.

$$D_{17} = 1,525; \quad n_D^{22} = 1,44964; \quad RM = 34,17 \text{ (calc. 33,97)}.$$

Il ne s'hydrolyse pas sensiblement par la soude à froid.

Carbonates de méthyle tétrachlorés. — Ils ont été rencontrés dans les produits de chloruration du chloroformiate industriel, dans une chaudière en plomb. Ce sont des liquides légèrement sirupeux d'odeur faiblement aromatique et piquante, rappelant, en outre, un peu l'odeur du phosgène.

Nous avons pu isoler deux fractions qui ont donné des analyses excellentes.

La première bout à 83° sous 19^{mm}

$$D_{18} = 1,626; \quad n_D^{22} = 1,46192; \quad RM = 38,78 \text{ (calc. 38,92)}.$$

La deuxième bout à 93°-94° sous 20^{mm}

$$D_{18} = 1,634; \quad n_D^{22} = 1,46421; \quad RM = 38,60.$$

D'après ce que nous savons déjà sur les propriétés physiques d'isomères du même type, c'est le composé symétrique qui doit bouillir le plus haut et avoir la plus forte densité. Malheureusement les phénomènes d'hydrolyse sont peu différents dans les deux cas et font perdre toute netteté à ces conclusions. Nous les discuterons dans le Mémoire d'ensemble. Il paraît nécessaire, en tout cas, de contrôler ces résultats par synthèse directe.

Carbonate de méthyle hexachloré. — La portion liquide supérieure n'a pu être caractérisée comme carbonate pentachloré. Mais le carbonate hexachloré se forme aisément par chloruration à fond et se sépare des portions supérieures à l'état cristallisé. Il constitue de magnifiques cristaux fusibles à 79° identiques à ceux obtenus par Councler [1] en chlorant le carbonate

---

[1] *D. ch. Ges.*, 1880, p. 1697.

de méthyle au soleil. Leur odeur, d'abord éthérée, rappelle bientôt le phosgène. Ils se volatilisent facilement sans décomposition et sont très entraînables par distillation avec des liquides plus volatils.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le calcul de l'intensité des rayons X diffractés par les cristaux.* Note de M. **Georges Friedel.**

L'étude des radiogrammes met en évidence l'influence de la densité réticulaire du plan réflecteur sur l'intensité du rayon diffracté. Mais il ne semble pas qu'on ait donné, jusqu'à présent, une explication satisfaisante de cette influence. *A priori*, il n'est nullement évident que la densité du plan doive jouer un rôle. L'interférence ayant lieu, non pas seulement entre les ondes issues d'un plan unique, mais entre celles qui sont émises par tous les atomes contenus dans un grand nombre de plans parallèles d'autant plus distants qu'ils sont plus denses, si cette interférence portait sur tous les atomes compris dans la portion du cristal traversée par le rayon incident, l'intensité diffractée ne dépendrait que du nombre de ces atomes; elle serait, toutes choses égales d'ailleurs, indépendante de la densité du plan réflecteur. Il y a donc, dans cette observation que l'intensité diffractée croît avec la densité du plan réflecteur, un fait remarquable et qui mérite d'être expliqué.

Il ne semble pas que l'on puisse interpréter l'effet de la densité réticulaire sans recourir à la considération de la longueur moyenne du train d'ondes régulier, longueur qui doit être petite par rapport aux épaisseurs du cristal intéressées. On remarquera que si même le train d'ondes moyen comprend autant de périodes que les trains d'ondes ordinaires de la lumière, sa longueur n'est encore que de l'ordre de quelques microns.

Envisageons le cas simple de la réflexion du premier ordre sur un système de plans réticulaires P donnant une série « normale » de spectres. Soient s le nombre moyen de périodes du train d'ondes régulier, e l'équidistance des plans P, V le volume du cristal intéressé par le faisceau incident, n le nombre des tranches parallèles au plan P et d'épaisseur se contenues dans V. Tous les atomes contenus dans l'une de ces petites tranches envoient à l'infini, dans la direction du rayon réfléchi sur P, des ondulations concordantes qui ajoutent leurs *amplitudes*. L'amplitude produite par l'action d'une seule de ces petites tranches est donc proportionnelle au volume de la tranche, et par suite de la forme kse. L'intensité est proportionnelle à $k^2 s^2 e^2$.

Par contre, comme les diverses tranches d'épaisseur se, au nombre de n, envoient à l'infini, dans la direction du rayon diffracté, des ondulations indépendantes entre elles et qui n'interfèrent pas, ce ne sont plus les amplitudes dues à chacune de ces tranches qui s'additionnent, mais les *intensités*. L'intensité totale, abstraction faite de l'absorption, est de la forme $nk^2 s^2 e^2$. Et comme on a $V = k'nse$, l'intensité totale s'écrit $\frac{k^2}{k'} Vse$. Elle est proportionnelle à e, donc à la densité réticulaire du plan P.

Le raisonnement ci-dessus, simplifié à dessein pour en faire ressortir le principe, est à compléter pour tenir compte de l'absorption, de l'ordre de la réflexion et de la distribution des plans parallèles à P quand ceux-ci ne fournissent pas une série normale de spectres, c'est-à-dire ne sont pas équidistants et d'égale charge atomique. Mais le résultat subsiste, et l'intensité reste proportionnelle à l'espacement-période si l'on compare entre elles les réflexions de même ordre dues à des plans P pour lesquels la distribution atomique est du même type.

Pour appliquer ce principe au calcul de l'intensité dans chaque cas particulier, il est nécessaire de spécifier les conditions de l'observation. Exemples :

1° *Méthode de MM. Bragg.* — Longueur d'onde unique et constante, réflexion sur une face parallèle au plan réflecteur P, et mesure simultanée de l'intensité I et de l'angle θ que fait le rayon incident avec le plan P pour les spectres des divers ordres successifs. Le calcul de l'intensité totale, telle qu'elle est mesurée par ionisation, donne

$$(1) \quad I = \frac{\omega s \lambda}{4 k d v^2} \frac{1}{\sin^2\theta} \times \{ \Sigma A_m^2 + 2 \Sigma A_m A_n \cos 2\pi [(\alpha_m - \alpha_n)\rho p + (\beta_m - \beta_n)\rho q + (\gamma_m - \gamma_n)\rho r] \};$$

ω, section du faisceau incident;
s, nombre moyen d'ondes du train d'ondes régulier;
λ, longueur d'onde du faisceau incident;
k, coefficient d'absorption défini par $i = i_0 e^{-k\mu}$, μ étant la masse absorbante traversée par le rayon d'intensité initiale i_0;
d, densité du cristal;
v, volume de la maille du réseau (domaine complexe);
$\alpha_m \beta_m \gamma_m$, $\alpha_n \beta_n \gamma_n$, coordonnées numériques, comprises entre 0 et 1, de tous les atomes numérotés m, n, ... contenus dans la maille;
A_m, A_n, ..., amplitudes diffractées par chaque atome m, n, ..., amplitudes

qui sont, selon Bragg, proportionnelles aux masses atomiques et doivent être corrigées, s'il y a lieu, de l'effet de la température;

pqr, caractéristiques, réduites à leur plus simple expression, du plan réflecteur P;

ρ, ordre de la réflexion.

On voit que l'intensité est proportionnelle à $\frac{1}{\sin^2\theta}$. C'est la loi empirique trouvée par Bragg, et qui est ainsi justifiée, en même temps que l'influence de la densité réticulaire, par la considération du train d'ondes limité.

D'autre part, à égale valeur de λ, I est indépendant de e, donc de la densité réticulaire. Cela n'est pas en contradiction avec ce qui a été dit ci-dessus. Car pour une réflexion du $\rho^{\text{ième}}$ ordre, on a $\rho\lambda = 2e\sin\theta$. I est donc, à égale valeur de θ, proportionnelle à $\frac{e}{\rho}$, donc proportionnelle à la densité du plan P. Mais à égale valeur de λ, c'est-à-dire dans les conditions de la méthode Bragg, I ne dépend que de θ lorsqu'on passe d'un plan réticulaire à un autre du même type. De même, corrigé du facteur entre crochets, c'est-à-dire quand on passe d'un plan à un autre du même type, I ne dépend pas de ρ à égale valeur de λ. Ce sont bien les résultats qui ressortent des mesures de Bragg sur le sel gemme (*X Rays and Crystal Structure*, p. 198).

Enfin on observera que la formule (1) donne, pour chaque mesure de I et de θ faite selon la méthode Bragg, une relation entre les coordonnées des atomes existants dans la maille. Le nombre de ces atomes étant connu, tel qu'il ressort de la connaissance de λ et de la mesure de θ pour les spectres du premier ordre donnés par les faces principales, on se procure, par autant de mesures de I, le nombre de relations suffisant (ou mieux surabondant) pour déterminer sans ambiguïté, par le simple calcul, les coordonnées $\alpha\beta\gamma$ des atomes dans la maille. Dans les cas très simples, comme celui du sel gemme, ce calcul s'applique aisément aux mesures de MM. Bragg et montre que la solution donnée par ces auteurs est bien *la seule* qui soit d'accord avec l'hypothèse d'atomes agissant séparément.

Malheureusement, dès que la maille est un peu plus complexe, le calcul devient inextricable, et bien que la formule contienne implicitement toute la solution du problème des structures et reste utile pour la discussion de cette solution, il semble qu'on soit, dans la plupart des cas, réduit à procéder par tâtonnements.

2° *Cas des radiogrammes ordinaires.* — Faisceau normal à une lame taillée dans une direction quelconque du cristal, spectre continu. On

trouve, pour l'intensité d'une tache

$$(2) \qquad I = \frac{\omega s E^2 e}{\nu^2 \rho} \frac{1}{\cos\theta} e^{-\frac{k E s e d}{\rho \cos\theta}} F;$$

e, espacement-période du plan réflecteur;
E, épaisseur de la lame cristalline;
θ, angle du plan réflecteur avec la normale à la lame;
F, facteur entre crochets de la formule (1).

La formule (2) n'est valable en toute rigueur que pour une longueur d'onde, ou pour une portion de spectre d'intensité constante. On peut en déduire une conséquence intéressante si l'on admet, comme cela paraît être, que les taches des radiogrammes sont produites par une partie du spectre dont l'intensité est sensiblement constante. La formule s'applique alors, approximativement, à l'ensemble des taches. Et l'on voit que si l'on fait varier θ, l'intensité doit présenter un maximum lorsque $\rho\cos\theta = ksEed$. Ou, en remplaçant ρ par sa valeur $\frac{2e\sin\theta}{\lambda}$, lorsque $\sin 2\theta = ksE\lambda d$.

Ce maximum s'observe en effet dans la plupart des radiogrammes, et il semble bien qu'on ait là l'explication du fait. L'intensité des taches, qui décroît vers l'extérieur, est maxima à une certaine distance du centre, distance qui varie beaucoup selon les espèces cristallines, puis décroît en approchant de la tache centrale, et souvent bien avant d'atteindre la région irradiée qui entoure cette tache. L'étude de ce maximum, d'ailleurs complexe, puisqu'il n'est pas le même pour les réflexions des divers ordres, pourra conduire à la détermination de s, les autres quantités étant connues.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Division des *Applications de la Science à l'Industrie*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Louis Lumière	obtient . . .	37	suffrages
M. Maxime Laubeuf	» . . .	13	»
M. Charles Rabut	» . . .	6	»
M. Léon Guillet	» . . .	2	»
M. Bertrand de Fontviolant	» . . .	1	suffrage
M. Lazare Weiller	» . . .	1	»

M. **Louis Lumière**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la chaire de *Physiologie générale et comparée*, vacante au Muséum d'Histoire naturelle.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 53,

M. Tissot	obtient.	45 suffrages
M. Legendre	»	5 »
M. Portier	»	3 »

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 42,

M. Legendre obtient. . . . . 41 suffrages

Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne	M. Tissot
En seconde ligne	M. Legendre

CORRESPONDANCE.

MM. **E. C. Abendanon**, **A. Bochet**, **E. Brylinski**, **H. Chaumat**, **R. Chudeau**, **Ch. Féry**, **E. Pagezy**, **Jean Rey**, **J. Jolly** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Charles Le Morvan** adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur le Fonds Bonaparte en 1918.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance, une collection de Publications de la *Carte spéciale géologique d'Alsace-Lorraine*, adressée par le nouveau directeur du service M. Emm. de Margerie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode d'intégration de Ritz.* Note de M. **Michel Plancherel.**

Soit $L(u) + \lambda g u = f$ une équation aux dérivées partielles, linéaire, du type elliptique, où λ désigne un paramètre et où g est une fonction de signe non nécessairement constant. Supposons que le problème de l'intégration de cette équation dans un domaine D, avec certaines conditions à la frontière C, découle d'un problème du calcul des variations. Le but de cette Note est *d'établir que la méthode d'intégration de Ritz* [1] *est alors applicable au calcul de u et qu'elle permet, en particulier, de calculer les valeurs fondamentates* λ_p *et les solutions fondamentales* u_p *de l'équation homogène* $L(u) + \lambda g u = 0$. Pour atteindre ce but, nous serons obligé, il est vrai, d'admettre l'existence des λ_p et des u_p et de connaître leurs propriétés principales, toutes choses qui peuvent s'établir à l'aide de la théorie des équations intégrales. Sans méconnaître l'intérêt qu'il y aurait à démontrer, par la méthode de Ritz elle-même, l'existence et les propriétés des λ_p et des u_p, il faut cependant considérer que l'importance de cette méthode réside avant tout dans le fait qu'elle est une méthode de calcul.

La démonstration est générale; pour plus de simplicité nous l'esquisserons sur l'équation du second ordre $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \lambda u = f$, et nous chercherons une solution de cette équation qui soit continue dans D ainsi que ses dérivées premières et qui s'annule sur C. Si Ω désigne le champ des fonctions qui sont continues dans D ainsi que leurs dérivées premières, qui s'annulent sur C et qui donnent une valeur finie à l'intégrale $\mathfrak{J}(u)$ ci-dessous, on sait que la solution cherchée u appartient à Ω et annule dans ce champ

---

(1) Voir Ritz, *J. reine angew. Math.*, t. 135, 1908, p. 1-61; *Annales de Physique*, 4e série, t. 28, 1909, p. 737-786; *Œuvres* (Gauthier-Villars, 1911), p. 192-316. Voir aussi Rayleigh, *Phil. Mag.*, 5e série, t. 47, 1899, p. 566-572, et 6e série, t. 22, 1911, p. 225-229.

la variation première de

$$\mathfrak{J}(u) = \int\int_D \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 - \lambda u^2 + 2fu\right] dx\,dy.$$

Soit $\Phi_p(x, y)$, $(p = 1, 2, 3, \ldots)$ un système orthogonal [1] fermé et normé de fonctions de Ω, assujetti encore à certaines conditions (que nous ne précisons pas ici) relatives à l'approximation d'une fonction arbitraire de Ω. En dernière analyse, la méthode de Ritz exprime la solution par un développement $u \sim x_1\Phi_1 + x_2\Phi_2 + \ldots$ et calcule les coefficients x_p comme solutions, *au sens du principe des réduites*, du système

$$(1) \qquad \sum_{q=1}^{\infty} k_{pq} x_q - \lambda x_p = - f_p \qquad (p = 1, 2, 3, \ldots);$$

$$k_{pq} = \int\int_D \left[\frac{\partial \Phi_p}{\partial x}\frac{\partial \Phi_q}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_p}{\partial y}\frac{\partial \Phi_p}{\partial y}\right] dx\,dy, \qquad f_p = \int\int_D f\Phi_p\,dx\,dy,$$

d'une infinité d'équations à une infinité d'inconnues. Ce système s'obtient, *d'une manière purement formelle*, en remplaçant dans $\mathfrak{J}(u)$, u par son développement et en égalant ensuite à zéro les dérivées partielles de $\mathfrak{J}$ par rapport à $x_1, x_2, \ldots$.

Pour légitimer complètement la méthode de Ritz, nous démontrerons les trois propositions suivantes :

1. Si $\lambda_1 \leqq \lambda_2 \leqq \ldots$ sont les valeurs fondamentales de $\Delta u + \lambda u = 0$ et si $\lambda_1^{(n)} \leqq \lambda_2^{(n)} \leqq \ldots \leqq \lambda_n^{(n)}$ sont les zéros en λ du déterminant du système homogène

$$(2) \qquad \sum_{q=1}^{\infty} k_{pq} x_q - \lambda x_p = 0 \qquad (p = 1, 2, \ldots, n),$$

on a $\lim \lambda_1^{(n)} = \lambda_1$, $\lim \lambda_2^{(n)} = \lambda_2$, ..., lorsque n tend vers l'infini.

2. Si $u_1, u_2, \ldots$ sont les solutions fondamentales, orthogonalisées et normées, relatives aux valeurs $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ et si $x_{11}^{(n)}, x, \ldots, x_{1n}^{(n)}; x_{21}^{(n)}, \ldots, x_{2n}^{(n)}; \ldots; x_{n1}^{(n)}, \ldots, x_{nn}^{(n)}$ est un système (convenablement choisi si plusieurs $\lambda_p^{(n)}$ sont égaux) de solutions orthogonalisées et normées du système (2) pour les valeurs $\lambda = \lambda_1^{(n)}, \lambda_2^{(n)}, \ldots, \lambda_n^{(n)}$, les fonctions $u_1^{(n)} = x_{11}^{(n)}\Phi_1 + \ldots + x_{1n}^{(n)}\Phi_x$,

---

[1] Ritz utilise plus généralement un système non orthogonal. Au point de vue de la théorie de la méthode, il est plus simple de prendre un système orthogonal (évidemment polaire), ce qui ne restreint pas la portée de la méthode.

$u_2^{(n)} = x_{21}^{(n)}\Phi_1 + \ldots + x_{2n}^{(n)}\Phi_n$, ... convergent *en moyenne* (¹) vers $u_1, u_2, \ldots$, lorsque n tend vers l'infini.

3. Si λ n'est pas une valeur fondamentale, la solution $x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \ldots, x_n^{(n)}$ du système $\sum_{q=1}^{n} k_{pq}x_q - \lambda x_p = f_p\,(p = -1, 2, \ldots, n)$ détermine une fonction $u^{(n)} = x_1^{(n)}\Phi_1 + \ldots + x_n^{(n)}\Phi_n$ qui, lorsque n tend vers l'infini, converge *en moyenne* vers la solution u de $\Delta u + \lambda u = f$.

Le procédé de démonstration de Ritz ne permet de démontrer que la troisième proposition, et seulement dans le cas $\lambda \leqq 0$. Il suppose essentiellement que $\sum_{p,q}^{1\ldots n} k_{pq}x_p x_q - \lambda \sum_{p=1}^{n} x_p^2$ est une forme quadratique définie, ce qui est vrai lorsque $\lambda \leqq 0$, mais ce qui n'est plus nécessairement vrai lorsque $\lambda > 0$. Les deux premières propositions n'ont pas encore été démontrées, mais Ritz et Rayleigh les ont rendues plausibles par l'accord qu'ils ont constaté dans quelques problèmes particuliers entre les valeurs expérimentales des λ_p et des u_p et leurs valeurs calculées à l'aide de ces propositions.

Notre démonstration est basée sur la théorie des formes quadratiques à une infinité de variables (²). Elle utilise les résultats de Ritz pour établir, par une extension convenable de la théorie de Hilbert, que la forme quadratique *non bornée* $\sum_{p,q}^{1\ldots\infty} k_{pq}x_p x_q$ possède cependant une résolvante au sens du principe des réduites. Plus précisément, la forme quadratique $K_\mu^{(n)}(x)$, réciproque de la forme $\sum_{p=1}^{n} x_p^2 - \mu \sum_{p,q}^{1\ldots n} k_{pq}x_p x_q$ a une limite unique $K_\mu(x)$, lorsque n tend vers l'infini. $K_\mu(x)$ est, sauf pour certaines valeurs positives de μ, une forme quadratique bornée à une infinité de variables; elle se transforme en une forme orthogonalement équivalente lorsqu'on change le système des fonctions Φ_p. Or, si l'on admet l'existence et les propriétés principales des valeurs fondamentales λ_p et des fonctions fondamentales u_p de $\Delta u + \lambda u = 0$, on se rend compte qu'il est permis de prendre, en particu-

---

(¹) Lorsque le degré de l'équation aux dérivées partielles est supérieur à 2, la convergence *en moyenne* des propositions 2 et 3 est à remplacer par la convergence *uniforme*.

(²) Voir par exemple F. Riesz, *Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues* (Gauthier-Villars, 1913).

lier, $\Phi_p = u_p$ et que, dans ce cas, $K_\mu(x)$ est égal à $\sum_1^\infty \frac{x_p^2}{1-\mu\lambda_p}$. Il reste alors encore à démontrer que, pour $\mu \neq \frac{1}{\lambda_p}$, la suite des formes quadratiques $K_\mu^{(n)}(x)$ converge *uniformément* vers $K_\mu(x)$, pour pouvoir déduire par quelques raisonnements simples les trois propositions énoncées plus haut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination des intégrales premières de l'équation différentielle des lignes géodésiques, rationnelles, par rapport à la dérivée première de la fonction inconnue.* Note [1] de M. **Jules Drach.**

Dans une Note récente [2] consacrée à la détermination des cas où l'équation $y'' = f(x, y)$ possède une intégrale première rationnelle en y', nous avons dit que la méthode employée s'applique aussi à la recherche des cas où l'équation différentielle des lignes géodésiques, écrite en *coordonnées symétriques*

(1) $$v'' = \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial u}v' - \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial v}v'^2,$$

possède une intégrale première rationnelle en v'.

Pour la simplification des écritures, il est commode de prendre, au lieu de v', la nouvelle variable $w = \lambda v'$; l'équation (1) peut alors se remplacer par l'équation aux dérivées partielles

(2) $$A(f) = \lambda\frac{\partial f}{\partial u} + w\frac{\partial f}{\partial v} + 2w\frac{\partial\lambda}{\partial u}\frac{\partial f}{\partial w} = 0.$$

Si $\varphi = \varphi(u, v, w)$, (3) désigne une solution de (2); une autre solution, distincte de la première, sera donnée par la quadrature de la différentielle totale

$$d\psi = \frac{\lambda\, dv - w\, du}{w^{\frac{3}{2}}\frac{\partial\varphi}{\partial w}},$$

où w est défini par (3) au moyen de u, v et de la constante φ. Enfin, on sait que l'intégration de (2) et celle de l'équation aux dérivées partielles non

(1) Séance du 8 décembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 497.

linéaire (qui donne les courbes parallèles)

$$F = \frac{\partial z}{\partial u}\frac{\partial z}{\partial v} - \lambda = 0$$

sont des problèmes équivalents. Si l'équation $\lambda\,dv - w\,du = 0$ définit des lignes géodésiques, on peut poser

$$\frac{\partial z}{\partial u} = \sqrt{w}, \qquad \frac{\partial z}{\partial v} = \frac{\lambda}{\sqrt{w}},$$

et réciproquement.

I. Lorsque l'équation $(\varphi, F) = 0$ possède une intégrale φ *entière* en $\frac{\partial z}{\partial u}$, $\frac{\partial z}{\partial v}$ (qu'on peut supposer homogène), *de degré impair* $m = 2n+1$, il est possible, en modifiant u et v, de lui donner la forme

$$\varphi = w^{-\frac{m}{2}}(w-\gamma_1)\ldots(w-\gamma_m).$$

Le système des équations que doivent vérifier les γ_i (ou leurs fonctions symétriques) peut être remplacé par le système

$$(a) \qquad \lambda\frac{\partial \varphi_i}{\partial u} + \frac{\partial \varphi_i}{\partial v}\zeta_i = 0 \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

où les ζ_i sont les m racines de l'équation $\frac{\partial \varphi}{\partial w} = 0$, et les φ_i sont les expressions

$$\varphi_i = \zeta_i^{-\frac{m}{2}}(\zeta_i - \gamma_1)\ldots(\zeta_i - \gamma_m).$$

Ces φ_i sont les m variables *caractéristiques*, au sens d'Ampère, de l'équation unique d'ordre élevé, à une inconnue et aux variables u, v, qui pourrait remplacer (a).

Prenons les φ_i comme variables indépendantes; les γ_i et les ζ_i en seront des fonctions algébriques, et, si l'on pose $\gamma_i = x_i^2$, on aura

$$dx_1^2 + \ldots + dx_m^2 = H_1^2\,d\varphi_1^2 + \ldots + H_m^2\,d\varphi_m^2,$$

d'où l'on peut déduire les dérivées des γ_i et celles des ζ_i par rapport aux φ_i, en faisant usage des formules de la théorie des *systèmes orthogonaux à m variables*.

En considérant la différentielle $d\psi$, et la décomposant en fractions simples, on peut écrire

$$(S) \qquad d\psi = \frac{A_1\,d\varphi_1}{w-\zeta_1} + \ldots + \frac{A_m\,d\varphi_m}{w-\zeta_m},$$

et déterminer les A_i en $\varphi_1, \ldots, \varphi_m$, de manière à obtenir une différentielle exacte pour toute fonction w vérifiant $\varphi = \text{const.}$, en particulier, pour $w = \gamma_i$. On obtient ainsi $A_i = \frac{\partial\theta}{\partial\varphi_i}$, où θ satisfait aux équations

$$\text{(T)} \qquad \frac{\partial}{\partial\varphi_i}\left(\frac{1}{\zeta_k}\frac{\partial\theta}{\partial\varphi_k}\right) = \frac{\partial}{\partial\varphi_k}\left(\frac{1}{\zeta_i}\frac{\partial\theta}{\partial\varphi_i}\right),$$

dont la solution générale dépend de m fonctions d'un argument. Cette solution s'obtient par quadratures en observant que si l'on pose

$$\varphi^2 - t^2 = \frac{(w-\sigma_1)\ldots(w-\sigma_{2m})}{w^m},$$

les σ_i, qui dépendent du paramètre t, sont des solutions particulières de (T); si les m premières sont, par exemple, les solutions de $\varphi - t = 0$, on pourra prendre

$$\theta = \sum_{i=1}^{i=m} \int_{\alpha_i}^{\beta_i} \sigma_i(\varphi_1, \ldots, \varphi_m, t) f_i(t)\, dt,$$

où les α, β sont des constantes et les f_i des fonctions arbitraires. Mais si l'on désigne par σ_i l'expression qui se réduit à γ_i pour $t = 0$, on pourra remplacer la constante β_i par φ_i, en remarquant que, pour $t = \varphi_i$, σ_i se réduit à ζ_i.

C'est une extension du résultat connu pour l'équation d'Euler et de Poisson. [La méthode s'applique aussi dans l'étude correspondante pour $y'' = f(x, y)$.]

L'identité (S) en w donne les relations

$$\begin{aligned} &\Sigma A_i \zeta_i^p \, d\varphi_i = 0 \qquad (p = 0, 1, \ldots, n-2; n+1, \ldots, 2n), \\ &\Sigma A_i \zeta_i^n \, d\varphi_i = \lambda\, dv, \\ &\Sigma A_i \zeta_i^{n-1} \, d\varphi_i = -du \end{aligned}$$

qui forment un système *complètement intégrable* [équivalent à (a)], dont les combinaisons intégrables s'obtiennent aisément.

Ces combinaisons intégrables, une fois θ connu, égalées à zéro, définissent $\varphi_1, \ldots, \varphi_m$ en u et v; λ est d'ailleurs égal à $(\zeta_1 \ldots \zeta_m)^{\frac{1}{m}}$.

II. Les intégrales *entières* de *degré pair* en $\frac{\partial z}{\partial u}, \frac{\partial z}{\partial v}$ conduisent à la même expression de φ et se traitent de même; le système qui définit θ est un peu différent. Pour celles qui sont rationnelles, et de degré zéro en w, quelques modifications sont nécessaires.

Le détail de ces calculs paraîtra prochainement ailleurs. On nous permettra de rappeler que tout un chapitre de l'ouvrage de G. Darboux [1] témoigne de l'intérêt attaché par les géomètres (Bour, Bonnet, M. Lévy) à la recherche des intégrales premières de l'équation des lignes géodésiques.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une équation caractéristique appropriée à l'air atmosphérique.* Note de M. **Ed. Fouché**, présentée par M. Sebert.

J'ai donné, dans une Note précédente, l'équation caractéristique d'un gaz fictif (Aéroïde) qui, dans beaucoup d'applications, peut être substitué à l'air avec une grande exactitude.

Le point critique de cet « Aéroïde » correspond à : température, $-137^\circ,23$; pression, $40^{atm},1$; volume spécifique, $0^{m^3},00325$.

Tensions de vapeur. — Ces tensions sont calculées à l'aide de l'hypothèse de Clausius sur les boucles de Thomson. Avec les données critiques connues de l'oxygène et de l'azote, on en peut déduire approximativement les tensions de ces deux derniers gaz. J'indique ci-dessous celles qui correspondent à une atmosphère en y joignant les chiffres résultant des expériences de Basly sur l'évaporation de l'air liquide.

	Aéroïde.	Azote.	Oxygène.
Valeurs calculées	$-191^\circ,75$	$-194^\circ,9$	$-183^\circ,2$
	Air.		
D'après Basly..........	$-191^\circ,5$ à -194°	$-195^\circ,5$	-182°

Chaleurs de vaporisation. — On les obtient également par la même hypothèse de Clausius. Je signalerai seulement ici que, à $0^{atm},99$, cette chaleur calculée est $51^{cal},11$, le chiffre expérimental étant 51^{cal} environ (*Annuaire du Bureau des Longitudes*).

Refroidissement correspondant à une détente élémentaire sans production de travail. — J'ai fait le calcul en supposant que la détente est adiabatique, le travail se transformant d'abord en vitesse, puis cette vitesse en chaleur. Pour la température initiale 0°, le refroidissement, rapporté à la chute de pression, est : à la pression initiale de 1^{atm}, $0^\circ,277$; à 100^{atm}, $0^\circ,184$; à 200^{atm}, 0,098.

---

(1) *Leçons sur la théorie des surfaces*, t. 3.

La formule empirique de Em. Vogel

$$\Delta t = (0,268 - 0,0086\,P)\left(\frac{273}{T}\right)^2 \Delta P$$

donne à 0° : pour 1^{atm}, 0°,267; pour 100^{atm}, 0°,182; pour 200^{atm}, 0°,096.

Chaleur et travail dans la compression isotherme. — Le calcul, d'ailleurs simple, a été fait pour la seule isotherme de 16°. Pour les autres, les valeurs de ces quantités se déduisent aisément de celles à 16° avec l'aide des tableaux subséquents.

Chaleurs spécifiques. — La thermodynamique ne fournissant les chaleurs spécifiques qu'à une fonction près de la température, il faut emprunter un point de départ à l'expérience. J'ai admis, suivant les chiffres fournis par Linde, que, à une atmosphère, les variations de C (pression constante) étaient proportionnelles à celles de la température, avec les valeurs 0,238 à 0° et 0,237 à + 100°. Je n'indique ici que les résultats correspondant à la température critique (— 137°,23) pour montrer l'importance des variations dans le voisinage de cette température :

Pression en atm. .	1	20	30	38	40,1	50	100	200
Valeur de C......	0,239	0,329	0,488	1,346	∞	1,123	0,599	0,479

Chaleur et entropie dans les évolutions à pression constante. — La connaissance de ces quantités $\int_{T_0}^{T_1} C\,dt$ et $\int_{T_0}^{T_1} \frac{C\,dt}{T}$ est indispensable pour l'étude des appareils dits « échangeurs de température ». J'en ai calculé un grand nombre pour la température finale de 16°, pour des températures initiales variant de — 191°,75 à + 16° et pour diverses pressions de 1^{atm} à 200^{atm}.

Applications. — 1° *Liquéfaction par détente avec production de travail.* — L'air étant comprimé sous température constante (+ 16°) de 1^{atm} à 40^{atm} dégage la chaleur Q_0. Soit $I_0 = \frac{Q_0}{T_0}$. Il passe ensuite dans un échangeur où, sous la pression constante de 40^{atm}, il se refroidit à la température T_1 en perdant la chaleur $Q_1 = \int_{T_1}^{T_0} C\,dt$. Soit $I_1 = \int_{T_1}^{T_0} \frac{C\,dt}{T}$. Vient ensuite une détente adiabatique jusqu'à 1^{atm} dans un cylindre où se récupère le travail produit. A la fin de la détente, la température T_2 est celle de la liquéfaction. Le poids liquéfié m est conservé et le gaz excédent $1 - m$ repasse dans l'échangeur; mais pour fermer le cycle, je suppose qu'on réchauffe jusqu'à

T_0 l'ensemble liquide et gaz en lui fournissant la chaleur $rm + \int_{T_2}^{T_0} C\,dt$ (r étant la chaleur totale de vaporisation).

Je pose encore $Q_2 = \int_{T_2}^{T_0} C\,dt$ et $I_2 = \int_{T_2}^{T_0} \frac{C\,dt}{T}$.

Le principe de Carnot-Clausius donne $\frac{Q_0}{T_0} + I_1 = \frac{rm}{T_2} + I_2$. D'autre part, l'échangeur fournit l'équation $Q_1 = (1 - m)Q_2$. En éliminant m, il reste une relation entre Q_1 et I_1. A l'aide des tables de $\int C\,dt$ et $\int \frac{C\,dt}{T}$, on trouve la température T_1 ($-115^\circ,8$), pour laquelle cette relation est satisfaite, et l'on en déduit $m = 0,223$. Le travail de la compression est, en calories, 73; le travail récupéré 20,2 et le rendement de l'opération par rapport au travail théorique minimum nécessaire est 0,715.

Or M. Claude, dans son Ouvrage sur l'air liquide, déclare n'avoir jamais pu, par cette méthode, obtenir une quantité appréciable d'air liquide. Il y a là une contradiction qui s'explique par le fait que la détente ne peut être adiabatique. Les échanges de chaleur entre le mélange de gaz et de liquide et les parois du cylindre de détente sont considérablement plus importants que lorsqu'il s'agit d'un gaz sec, de sorte que la détente se rapproche vraisemblablement de la forme isotherme. Si, comme condition limite extrême, on suppose que cette détente se fait constamment à la température immuable du cylindre, laquelle serait, dans ce cas, celle de la liquéfaction à une atmosphère, on trouve, par un calcul analogue à celui qui précède, en tenant compte de ce que la chaleur abandonnée aux parois par le gaz entrant est égale à celle empruntée par le gaz sortant, on trouve, dis-je, que la production de liquide n'est plus que de 3 pour 100 et ceci suffit à expliquer la différence entre les résultats fournis par la théorie et ceux de l'expérience.

2° *Liquéfaction par détente sans production de travail.* — Le calcul à l'aide des données que j'ai établies conduit aux résultats suivants : La compression étant faite à $+16^\circ$ jusqu'à 200^{atm}, l'eau pénètre dans l'échangeur pour en sortir à -101°; la détente par simple écoulement poussée jusqu'à 1^{atm} produit 9 pour 100 de liquide; quant au travail, il correspond, par rapport au travail minimum, à un rendement de 15 pour 100.

Ces quelques exemples suffisent pour montrer que les données ci-dessus calculées permettent de résoudre des problèmes qui, sans la connaissance d'une équation caractéristique appropriée, resteraient insolubles, et dont la solution, même avec une telle équation, mais le secours des tables, présenterait de très grandes difficultés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse physico-chimique des précipités. Application à l'étude des phosphates de calcium.* Note [1] de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [2], nous avons décrit un appareil permettant de mélanger dans un temps très court deux liquides miscibles.

Supposons que ces deux liquides A et B soient des solutions salines susceptibles par leur mélange de donner un précipité P. Si le mélange est plus rapide que la formation de P, on obtient de la sorte un précipité qui a pris naissance dans des conditions constantes. En faisant varier le rapport des concentrations des liquides A et B et en mesurant pour chacun de ces rapports la composition de P, on peut ainsi étudier les variations de la constitution de P en fonction des liquides précipitants.

En particulier, une composition constante de P pour des concentrations variables de A et B indiquera un composé défini ou une solution solide saturée d'après la définition même de ces derniers.

La loi des phases que nous pouvons appliquer quand l'équilibre sera atteint nous apprend qu'un tel système comprend, à température et à pression constantes, deux phases lorsqu'il est monovariant et trois phases lorsqu'il est invariant.

Dans le premier cas, nous pourrons avoir un précipité de composition variable et un liquide de composition fixe ou l'inverse. Dans le second cas, nous aurons un liquide de composition fixe et un mélange de deux précipités ayant chacun une composition fixe; mais comme ces deux solides sont intimement mélangés, il sera très difficile, expérimentalement, de distinguer ce cas du précédent.

Quoi qu'il en soit, lorsque la composition du liquide surnageant le précipité sera variable, la composition du précipité restera fixe et ne pourra varier que d'une manière discontinue.

Nous avons appliqué cette méthode en choisissant pour liquides précipitants : l'eau de chaux à 1^g CaO par litre et l'acide phosphorique de teneur variable en P^2O^5. Le précipité qui se forme au bout d'une seconde environ, alors que les liquides sont mélangés en 0,01 seconde, a été recueilli et analysé, de même que la liqueur restée en contact avec lui.

---

(1) Séance du 8 décembre 1919.

(2) Tome 169, page 1095.

Le Tableau suivant résume nos expériences :

Mélange à volumes égaux de deux liquides A *et* B (liqueur A, 1^g CaO par litre).

Température 15° à 18°.

Numéro de l'expérience.	Poids de P^2O^5 par litre de liqueur B.	Poids de P^2O^5 par litre dans le liquide surnageant (48^h).	Poids de CaO par litre dans le liquide surnageant (48^h).	Rapport en molécules $\frac{CaO}{P^2O^5}$ dans le liquide surnageant (48^h).	P^2O^5 pour 100 dans le précipité calciné à 600° après 10^m de contact.	P^2O^5 pour 100 dans le précipité calciné à 600° après 48^h de contact.	Rapport en molécules $\frac{CaO}{P^2O^5}$ dans le précipité calciné à 600° après 10^m de contact.	Rapport en molécules $\frac{CaO}{P^2O^5}$ dans le précipité calciné à 600° après 48^h de contact.
	g	g	g					
2......	2,4	1,130	0,475	1,06	»	54,2	»	2,14
3......	2,2	0,870	0,361	1,05	49,6	55,8	2,53	2,04
4......	2	0,760	0,346	1,15	49,2	49	2,61	2,64
5......	1,8	0,543	0,250	1,17	»	51,4	»	2,41
6......	1,6	0,388	0,171	1,12	»	49,7	»	2,56
7......	1,4	0,375	0,168	1,13	46,2	50	2,94	2,53
8......	1,26	0,295	0,130	1,12	45,3	47,2	3,05	2,84
9......	1,1	0,118	0,067	1,44	44,6	44,4	3,14	3,18
10......	1	0,157	0,085	1,37	»	46,8	»	2,98
11......	0,84	0,00025	0,042	»	»	43,9	»	3,23
12......	0,62	»	0,070	»	»	42,5	»	3,43
13......	0,505	»	0,215	»	»	39,7	»	3,85
14......	0,100	»	0,845	»	»	37,0	»	4,30

On peut tirer de la lecture de ce Tableau les conclusions suivantes :

1° Le phosphate dicalcique ne peut se former que dans un liquide contenant au moins $0^g,800$ de P^2O^5 par litre à l'état de phosphate monocalcique;

2° Le phosphate tricalcique n'est stable que dans un liquide contenant de 0^g à $0^g,100$ de P^2O^5 par litre à l'état de phosphate monocalcique. Cette stabilité n'est d'ailleurs qu'apparente et due probablement à ce que la vitesse de réaction du liquide sur le phosphate tricalcique tombe au-dessous de la limite de nos mesures; en effet, pour des teneurs de liquides voisines $0^g,300$ de P^2O^5 par litre, le précipité recueilli au bout de 10 minutes est du phosphate tricalcique, qui peu à peu s'enrichit en acide phosphorique au contact du liquide;

3° Un phosphate nouveau de formule $P^2O^5\,2CaO, P^2O^5\,3CaO, 10H^2O$, que nous avons obtenu bien cristallisé, apparaît pour des concentrations de liquide comprises entre 0,375 et 0,870 de P^2O^5 par litre à l'état de phosphate monocalcique. Comme dans le cas précédent, lorsque la teneur du liquide en P^2O^5 est élevée, ce précipité se transforme peu à peu en phosphate dicalcique;

4° Dès que l'on dépasse, dans les solutions à mélanger, la composition $P^2O^5 3CaO$, le précipité qui se forme contient un excès de chaux proportionnel à la teneur du liquide en chaux libre; aucun phénomène particulier n'apparaît pour la composition du phosphate tétracalcique dont l'existence est admise dans les scories de déphosphoration;

5° Le liquide en équilibre avec chacun des précipités des phosphates purs contient du phosphate monocalcique à côté d'une petite quantité du précipité entré en solution. Un rapport fixe $\frac{CaO}{P^2O^5}$ correspond à chaque phosphate (règle des phases).

En résumé, nous avons donné une méthode physico-chimique qui permet d'étudier et d'isoler les précipités qui se forment par mélange de liquides dans des cas où les méthodes classiques ne donnaient pas de certitude sur leur constitution. Cette méthode nous a permis de caractériser et de préparer un nouveau phosphate de chaux défini, intermédiaire entre le phosphate dicalcique et le phosphate tricalcique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une nouvelle forme complexe du sulfate chromique.* Note de M. **A. Recoura**, présentée par M. A. Haller.

Ainsi que je l'ai montré [1], le sulfate chromique normal (sulfate violet) peut se transformer, dans différentes circonstances, en des formes complexes, dans lesquelles la totalité, ou une fraction seulement des radicaux (SO^4) est dissimulée. Depuis mes premières publications, cette question a donné lieu à un assez grand nombre de travaux, qui ont confirmé et complété mes résultats, soit en mettant en évidence de nouvelles circonstances de production de ces complexes, soit en interprétant leur constitution et le mécanisme de leur formation, ou en mettant en lumière les lois de leurs transformations et de leurs équilibres. Malgré le nombre et l'importance de ces travaux, cette question est loin d'être épuisée.

La nouvelle forme de sulfate chromique complexe que je vais décrire, dans laquelle la totalité de l'acide sulfurique est dissimulée, diffère de celles qui ont été étudiées jusqu'à présent par plusieurs caractères essentiels. Tandis que tous ces complexes sont verts, celui-ci a une couleur peu différente de celle du sulfate violet; il est gris lilas. Alors que tous ces com-

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 4.

plexes verts sont beaucoup moins hydratés que le sulfate violet, dont ils dérivent d'ailleurs par perte d'eau, celui-ci renferme le même nombre de molécules d'eau que le sulfate violet. Enfin son mode de formation l'éloigne également des autres et présente des particularités intéressantes.

Voici dans quelles circonstances il se forme. Je pars d'une dissolution de sulfate violet normal assez étendue (mi-normale en acide). Ainsi que cela est connu, cette dissolution, conservée en flacon fermé, à la température du laboratoire, se modifie spontanément. Alors qu'au début, la totalité de SO^4 est précipitable par le chlorure de baryum, on constate, par des essais successifs, qu'à mesure qu'elle avance en âge, une fraction croissante de SO^4 devient dissimulée, jusqu'à ce que, au bout d'un temps assez long, un état d'équilibre soit atteint. Dans le cas de ma dissolution mi-normale, lorsque l'équilibre est atteint, on constate que, sur les trois SO^4 du sel, 2,18 sont précipitables. La dissolution est alors un mélange de sulfate violet normal et de sulfate vert bidissimulé, comme il est facile de s'en rendre compte. Si, en effet, on verse dans la dissolution un excès d'alcool à 96°, on en précipite d'une part du sulfate violet normal solide, totalement décomposable par le chlorure de baryum, et d'autre part on obtient une solution verte dans laquelle deux SO^4 sont dissimulés.

Je désignerai cette dissolution de sulfate chromique violet, arrivée à l'état d'équilibre, sous le nom de *dissolution vieillie*. Si l'on concentre rapidement la dissolution vieillie, en l'évaporant dans le vide, jusqu'à ce qu'elle soit saturée (elle a alors sensiblement la composition $Cr^2 3SO^4, 40H^2O$) et qu'on la traite aussitôt, comme la solution étendue, par un excès d'alcool à 96°, on obtient alors un résultat différent du précédent. L'alcool dissout encore, comme dans le cas de la dissolution étendue, du sulfate vert bidissimulé, mais en proportion beaucoup moindre, et il précipite une poudre amorphe de couleur gris lilas, qu'on lave rapidement à l'éther. Au bout de quelques minutes, l'éther est complètement évaporé et le produit est sec. On peut alors en faire l'étude.

Il est important de conduire ces opérations rapidement, car ce sulfate gris lilas, une fois précipité, se transforme, comme je vais le montrer, avec une grande rapidité, et, si l'on veut suivre son évolution depuis le moment de sa précipitation, il est important de l'avoir à l'état sec le plus tôt possible, ce que permet le lavage à l'éther.

Pour faire l'étude de cette évolution, on procède de la façon suivante. Le sulfate gris lilas, aussitôt l'éther évaporé complètement (5 minutes), est partagé en plusieurs échantillons, qui sont conservés à l'air libre et qui

sont essayés successivement au point de vue de la complexité, au bout de temps croissants. On reconnaît ainsi que le sulfate gris lilas, qui, quelques minutes après sa formation, est peu complexe, évolue rapidement vers la complexité et, au bout de quelques heures, est devenu totalement complexe. C'est ainsi qu'un échantillon, âgé de 12 minutes, renferme $2^{mol},2$ d'acide précipitable par le chlorure de baryum; un échantillon, âgé de 30 minutes, n'en renferme plus que 1,2; un échantillon, âgé de 1 heure, 0,6; un échantillon, âgé de 3 heures, 0,2. Enfin un échantillon, conservé 24 heures, ne donne aucun précipité par le chlorure de baryum, l'essai étant fait, bien entendu, immédiatement après la dissolution de l'échantillon dans l'eau, et *avec les précautions d'usage*.

Ainsi donc une solution étendue de sulfate chromique violet, altérée par le vieillissement, puis amenée rapidement à un grand état de concentration, laisse précipiter par l'alcool à 96° une variété gris lilas de sulfate chromique, qui, peu complexe à l'origine, se transforme *spontanément*, en quelques heures, en un sulfate totalement complexe. Cette transformation n'est accompagnée d'aucun changement de couleur. Le sulfate complexe est gris lilas.

Il était indiqué de rechercher si la transformation du sulfate gris lilas, originel ou complexe, est accompagnée d'un phénomène de déshydratation, comme c'est le cas habituel. Pour me placer dans des conditions plus démonstratives, j'ai étudié simultanément l'état d'hydratation d'un échantillon de sulfate gris lilas et d'un échantillon de sulfate violet normal, *préparé d'une façon identique*, c'est-à-dire précipité par l'alcool de sa solution saturée, les deux échantillons étant conservés dans des conditions identiques à l'air libre. Voici les résultats trouvés :

	Sulfate gris lilas.		Sulfate violet.	
Age du sulfate.	Mol. H^2O.	SO^4 précipitable.	Mol. H^2O.	SO^4 précipitable.
12 minutes......	18,21	2,2	16,24	3
30 minutes......	18	1,2	16,24	3
1 heure.........	17,68	0,6	16,24	3
3 heures........	17,14	0,2	16,24	3
1 jour..........	16,71	0	16,21	3
30 jours........	16,19	0	16,26	3

Il résulte de là que, tandis que le sulfate violet normal, précipité par l'alcool de sa solution, et exposé à l'air libre, ne varie pas sensiblement de composition, le sulfate gris lilas, précipité dans les mêmes conditions, qui, *au début*, *renferme deux molécules d'eau de plus que lui*, *les perd pro-*

gressivement au contact de l'air et s'arrête finalement à la même composition que le sulfate violet. Mais il est déjà devenu complexe alors qu'il n'a perdu qu'une molécule d'eau environ. Il ne semble pas qu'il y ait proportionnalité entre la perte d'eau et le degré de complexité. J'ajouterai que, conservés dans l'exsicateur jusqu'à poids constant, le sulfate violet s'arrête à $14 H^2O$ et le sulfate gris lilas à $12 H^2O$ environ (11,96).

Il reste à étudier la constitution du sulfate gris lilas, qui permettra d'expliquer sa formation ainsi qu'un curieux phénomène de rétrogradation de la complexité, qui se produit dans certaines circonstances. Ce sera l'objet d'une autre Communication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriétés des chloroformiates de méthyle chlorés.* Note (¹) de MM. **André Kling, D. Florentin, A. Lassieur** et **E. Schmutz**, présentée par M. Haller.

Dans une Note précédente, nous avons décrit les procédés de préparation des Chloroformiates de méthyle chlorés; dans la présente Note, nous résumerons les principales propriétés des composés ainsi obtenus.

Propriétés physiques des chloroformiates de méthyle chlorés. — *a. Dérivé monochloré* $Cl - CO^2CH^2Cl$. — L'échantillon le plus pur que nous ayons réussi à préparer renfermait encore 8,6 pour 100 de dérivé dichloré (caractérisé, ainsi que nous l'indiquerons plus loin, par le dosage des produits d'hydrolyse). Ses constantes étaient les suivantes :

P. E. sous 100mm	52°,5 — 53°
P. E. sous 700mm	106°,5 — 107°

$$D_{15} = 1,465.$$

Poids moléculaire (dans la benzine)......	133
Calculé	129

Le point d'ébullition du produit pur doit être voisin de 106° et sa densité de 1,460.

C'est un liquide incolore, assez mobile, doué de propriétés lacrymogènes et suffocantes.

b. Dérivé dichloré $Cl - CO^2CHCl^2$. — Au cours de recherches sur les

(¹) Séance du 1er décembre 1919.

phosgènes industriels allemands, nous avons pu extraire de l'un d'eux, sous un grand état de pureté, une petite quantité de ce dérivé [1] dichloré; sa pureté étant supérieure à celle du produit obtenu par les méthodes indiquées ci-dessus, ses constantes étaient les suivantes :

$$D_{15} = 1,560.$$

P. E. sous 100mm	54°- 55°
P. E. sous 700mm	110°-111°

Aspect et propriétés organoleptiques analogues à ceux du produit précédent.

c. *Chloroformiate de méthyle trichloré* $Cl - CO^2CCl^3$:

$$D_{15} = 1,653.$$

P. E. sous 50mm	49°
P. E. sous 750mm	127°

Ce liquide qui bout en se décomposant très légèrement avec production de phosgène est incolore, très peu lacrymogène, mais très suffocant.

Propriétés chimiques. — a. *Chloroformiate de méthyle monochloré.* — Il s'hydrolyse quantitativement suivant l'équation

$$Cl - CO^2CH^2Cl + HOH = H.CHO + CO^2 + 2HCl.$$

Avec les alcools, il fournit les carbonates mixtes de monochlorméthyle correspondants.

Réagissant sur le phénate de soude, il donne le carbonate de monochlorméthyle et de phényle : $CO\left\langle\begin{matrix}OC^6H^5\\OCH^2Cl\end{matrix}\right.$, liquide d'odeur phénolique.

$$\text{P. E. sous } 13^{mm} = 122°\text{-}124°; \quad D_{23} = 1,255.$$

Les chlorures anhydres de fer et d'aluminium, dès 70°, le décomposent vivement avec production de $COCl^2$.

b. *Chloroformiate de méthyle dichloré.* — Son hydrolyse a lieu suivant l'équation

$$Cl - CO^2CHCl^2 + HOH = CO + CO^2 + 3HCl.$$

Ainsi que l'a déjà montré M. Delépine, les réactions d'hydrolyse des chloroformiates de méthyle mono et dichloré permettent d'évaluer la pro-

---

[1] Dû vraisemblablement à une réaction d'ordre catalytique intervenant entre CO^2, CO et HCl en présence d'un catalyseur.

portion de chacun des constituants, physiquement inséparables, d'un mélange.

Les alcools et le phénate de soude réagissent sur lui comme sur le corps précédent en donnant le carbonate de dichlorméthyle et de phényle liquide :

P. E. sous $14^{mm} = 124°\text{-}125°$; $D_{15} = 1,34$; P. F. $= 14°,5$.

c. Chloroformiate de méthyle trichloré. — D'une manière générale, il possède les réactions du phosgène et mérite, de ce fait, le nom de diphosgène.

Son hydrolyse se réalise suivant l'équation

$$Cl - CO^2CCl^3 + 2H.OH = 2CO^2 + 4HCl.$$

Avec l'eau d'aniline, à la façon du phosgène [1], il se transforme quantitativement en diphénylurée symétrique; avec les alcools, il fournit des carbonates, et, avec le phénate de soude, le carbonate mixte de trichlorméthyle et de phényle qui se précipite sous forme de beaux cristaux fondant à 66°.

$AlCl^3$ et $FeCl^3$ le décomposent catalytiquement suivant l'équation

$$Cl - CO^2CCl^3 = CCl^4 + CO^2.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles cétones bicycliques.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Félix Taboury**, présentée par M. Haller.

Dans une récente Communication [2], nous avons fait connaître une nouvelle méthode d'obtention de cétones bicycliques, basée sur l'emploi, comme agent de condensation, de l'hydrure de calcium, préparé aujourd'hui industriellement. Nous avons montré que ce procédé permettait d'obtenir des cétones bicycliques aussi bien en partant de cétones cyclohexaniques (cyclohexanone, métaméthylcyclohexanone) que de cétones cyclopentaniques (cyclopentanone, métaméthylcyclopentanone). La présente Note a pour but de décrire les résultats que nous avons obtenus en mettant en œuvre d'autres cétones cycliques, telles que la paraméthylcyclohexanone, l'orthométhylcyclohexanone, le diméthylcyclohexanone-1.3.4.

---

[1] A. Kling et R. Schmutz, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 773 et 897.

[2] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 62.

Paraméthylcyclohexylidène-paraméthylcyclohexanone $C^7H^{12} = C^7H^{10}O$. — Ce composé s'obtient, avec un très bon rendement, par action de l'hydrure de calcium sur le paraméthylcyclohexanone, en utilisant le mode opératoire décrit par nous. Le carbure de calcium permet également de l'obtenir, mais avec un rendement bien inférieur. Cette nouvelle cétone bicyclique non saturée est constituée par un liquide à odeur mentholée, bouillant vers 185° sous 50^{mm}; sa densité à 16° est égale à 0,9659 et son indice de réfraction, par rapport à la raie D et à la même température, est égal à 1,4968 (réfraction moléculaire : trouvée, 62,37; calculée pour $C^7H^{12} = C^7H^{10}O$, 62,13). Elle a pour formule de constitution la formule suivante :

$$\begin{array}{ccccc} & CH^2\ \ CH^2 & & CO\ \ CH^2 & \\ CH^3-H^2C\Big\langle & & \Big\rangle C = C\Big\langle & & \Big\rangle CH^2. \\ & H^2C\ \ CH^2 & & CH^2\ \ CH.CH^3 & \end{array}$$

L'oxime de cette cétone se présente sous forme de fines aiguilles, assez solubles dans l'alcool dilué, fusibles à 155°.

Paraméthylcyclohexyl-paraméthylcyclohexanone $C^7H^{13} - C^7H^{11}O$. — Cette cétone saturée, qui s'obtient en hydrogénant la paraméthylcyclohexylidène-paraméthylcyclohexanone par la méthode au platine perfectionnée par M. Vavon, est constituée par un liquide, bouillant à 170°-175° sous 50^{mm}, ayant pour densité, à 24°, 0,947 et pour indice de réfraction, par rapport à la raie D et à la même température, 1,4852 (réfraction moléculaire : trouvée, 62,90; calculée pour $C^7H^{13}.C^7H^{11}O$, 62,51).

L'oxime est cristallisée et a pour point de fusion 123°-124°.

Orthométhylcyclohexylidène-orthométhylcyclohexanone $C^7H^{12} = C^7H^{10}O$. — On obtient cette cétone en soumettant l'orthométhylcyclohexanone à l'action de l'hydrure de calcium et en opérant suivant les conditions que nous avons indiquées; mais il est à remarquer que, dans ce cas, la réaction de condensation s'effectue bien plus lentement que celle observée dans le traitement des autres cétones cycliques. Ce nouveau composé se présente sous la forme d'un liquide, à odeur mentholée, bouillant vers 175° sous 40^{mm}, ayant pour densité, à 12°, 0,9926 et pour indice de réfraction, par rapport à la raie D et à la même température, 1,500 (réfraction moléculaire : trouvée, 61,66; calculée pour $C^7H^{12} = C^7H^{10}O$, 62,13). Sa formule de

constitution est la suivante :

$$\begin{array}{c} \quad H^2C \quad CH.CH^3 \quad CO \quad CH.CH^3 \\ H^2C\langle \qquad \rangle C = C\langle \qquad \rangle CH^2. \\ \quad CH^2 \quad CH^2 \qquad CH^2 \quad CH^2 \end{array}$$

L'oxime, qui est liquide, bout vers 160°-165°, sous 20^{mm}; la semi-carbazone est cristallisée et fond vers 177°-178°.

Orthométhylcyclohexyl-orthométhylcyclohexanone $C^7H^{13} - C^7H^{11}O$. — Ce composé, qui s'obtient en hydrogénant la cétone précédente par la méthode au platine, constitue un liquide, incolore, d'odeur agréable, bouillant vers 166°-169° sous 35^{mm}. Sa densité, à 12°, est égale à 0,9748, et son indice de réfraction, à la même température et par rapport à la raie D, est égal à 1,4974 (réfraction moléculaire : trouvée, 62,49; calculée pour $C^7H^{13} - C^7H^{11}O$, 62,51). L'oxime, qui est huileuse, est difficile à purifier; quant à la semi-carbazone, nous n'avons pu l'obtenir et nous attribuons cet insuccès à un empêchement stérique assez souvent observé dans le cas de certaines cétones cycliques substituées en ortho.

Orthométhylcyclohexyl-orthométhylcyclohexanol $C^7H^{13}.C^7H^{12}OH$. — On obtient cet alcool secondaire par hydrogénation de l'une ou l'autre des deux cétones précédentes au moyen de l'alcool absolu et du sodium. C'est un liquide, à odeur mentholée, bouillant vers 165°-168° sous 40^{mm}, et ayant pour densité à 13°, 0,973 et pour indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température, 1,5034 (réfraction moléculaire : trouvée, 63,84; calculée pour $C^7H^{13}.C^7H^{12}OH$, 63,85). Nous n'avons pas réussi à obtenir sa phényluréthane mais, par contre, en utilisant la technique indiquée par M. Béhal [1], nous avons pu préparer son allophanate qui, après cristallisation dans la benzine, est constitué par de belles tables réfringentes, retenant de la benzine à l'état combiné qu'elles perdent rapidement par simple abandon à l'air, en donnant des aiguilles blanches, fusibles à 223°.

Diméthylcyclohexylidène-diméthylcyclohexanone $C^8H^{14} = C^8H^{12}O$. — Cette nouvelle cétone bicyclique, qui s'obtient par action de l'hydrure de calcium sur le diméthylcyclohexanone 1.3.4, possède la formule de cons-

[1] *Bulletin de la Société chimique de France*, t. 25-26, p. 473.

titution suivante :

$$\begin{array}{ccccc} & H^2C\ \ CH.CH^3 & & CO\ \ CH.CH^3 & \\ H^3C-HC\langle & & \rangle C = C\langle & & \rangle CH^2. \\ & CH^2\ \ CH^2 & & CH^2\ \ CH.CH^3 & \end{array}$$

Elle constitue un liquide bouillant vers 184°-185° sous 40^{mm}, ayant pour densité à 19°, 0,956 et pour indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température 1,493 (réfraction moléculaire: trouvée, 71,13; calculée pour $C^8H^{14} = C^8H^{12}O$, 71,33). L'oxime est huileuse et nous n'avons pu obtenir de semicarbazone.

Diméthylcyclohexyl-diméthylcyclohexanol. $C^8H^{15} - C^8H^{14}OH$. — Préparé par hydrogénation de la cétone précédente au moyen de l'alcool absolu et du sodium, cet alcool se présente sous la forme d'une liqueur à odeur agréable, bouillant vers 188°-191° sous 40^{mm}, ayant pour densité à 16° 0,945 et pour indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température 1,496 (réfraction moléculaire : trouvée, 73,06; calculée pour $C^8H^{15} - C^8H^{14}OH$, 73,56). Nous avons pu obtenir l'allophanate de cet alcool composé, qui présente les mêmes particularités que l'allophanate de l'orthométhylcyclohexyl-orthométhylcyclohexanol : par cristallisation au sein de la benzine, il donne des tables réfringentes, retenant de la benzine à l'état combiné qu'elles perdent par simple abandon à l'air en donnant des aiguilles, fusibles vers 232°.

Il nous avait paru intéressant de soumettre à l'action de l'hydrure de calcium certaines cétones bicycliques et, en particulier, la thuyone fut essayée à ce point de vue. La condensation se produit, mais avec une intensité telle qu'il se forme des produits de polymérisation, très condensés, qu'il ne nous a pas été possible de purifier.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations entre la composition chimique, la structure microscopique et les qualités céramiques des argiles.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Antonin Lanquine**, présentée par M. Émile Haug.

Il existe, au sujet de la composition et des qualités d'emploi des argiles en Céramique, un certain nombre d'axiomes généralement admis depuis longtemps, mais qui ne résistent guère à une expérimentation sérieuse et à l'introduction dans l'étude de ces argiles de l'examen pétrographique en lames minces au microscope polarisant.

On sait que les argiles sont fondamentalement formées de silicates hydratés d'alumine provenant de la destruction de roches feldspathiques anciennes; elles ont généralement subi un transport plus ou moins lointain et sont restées longtemps en suspension dans des eaux, douces ou marines, avant de se déposer à l'état de vase argileuse. Celle-ci contient, d'autre part, de nombreuses impuretés : les unes sont formées de fins éléments détritiques d'autres minéraux (principalement des grains de quartz) restés en suspension en même temps que l'argile; les autres résultent d'une précipitation chimique dans les eaux qui tenaient l'argile en suspension (sels de Fe, de Ca, de Mg, etc.); enfin, l'argile retient aussi presque toujours une certaine proportion des alcalis originels des feldspaths, que l'on considère, souvent à tort, comme dus à la présence de *paillettes de micas*.

On peut être surpris de voir continuellement répété, dans les ouvrages céramiques et même dans des publications scientifiques récentes et importantes, et cela sans le contrôle des observations pétrographiques, que les alcalis des argiles ont cette origine. Dans un très grand nombre d'échantillons d'argiles, provenant même des abords immédiats de nos massifs anciens, que nous avons étudiées en lames minces, en même temps qu'elles étaient analysées chimiquement par notre collègue M. Ch. Boulanger, nous n'avons trouvé que *très exceptionnellement* des paillettes micacées, et cela malgré une teneur parfois élevée (jusqu'à 2 pour 100 et même davantage) en alcalis. *Le contrôle du microscope démontre donc qu'on doit abandonner, dans l'interprétation des analyses chimiques des argiles, la méthode courante qui consiste à calculer la proportion des micas existant dans une argile en leur attribuant tous les alcalis mis en évidence par l'analyse chimique*, alors que ces micas sont très généralement inexistants.

On sait que la matière argileuse elle-même, qui constitue le fond des argiles, se trouve sous des états assez différents. Elle se présente soit cristallisée en paillettes très fines de *kaolinite*, soit sous un aspect microscopique entièrement différent, montrant encore une orientation moléculaire qui se traduit par une polarisation très nette, mais diffuse et sans individualisation de cristaux caractérisés. Cet état cryptocristallin se rencontre dans certaines argiles définies du type dit *halloysite*, par exemple celle des Eyzies; d'autres halloysites ne montrent même qu'un état entièrement amorphe (colloïdal). Certaines argiles présentent des paillettes de kaolinite dans un fond principalement halloysitique.

Il résulte de ces variations dans l'état physique du fond argileux des différences importantes dans les caractères physiques et les propriétés céra-

miques des argiles (plasticité, fusibilité ou qualités réfractaires, etc.). En outre, les analyses faites par M. Boulanger ont permis d'établir que certaines argiles (surtout celles à fond halloysitique) contiennent, à côté de la silice libre détritique à l'état de fins grains de quartz, une proportion parfois importante (jusqu'à 16 ou même 18 pour 100) de silice soluble dans les alcalis et ne polarisant pas, comme la silice hydratée obtenue par précipitation chimique. Il existe aussi probablement des traces d'alumine au même état dans certaines argiles; d'autre part, les sels de fer, probablement au même état, teintent souvent le fond argileux de façon irrégulière, en taches diffuses, sans donner lieu à la formation de minéraux définis.

Il faut d'ailleurs noter qu'à côté des deux types précédents, kaolinite et halloysite, pour lesquels le rapport de la silice et de l'alumine semble à peu près constant et correspond à 2 molécules de SiO^2 pour 1 de Al^2O^3 (abstraction faite du degré d'hydratation, pour lequel nous aurons aussi à formuler des réserves quant à l'opinion généralement admise à cet égard), il existe d'autres types de silicates d'alumine, d'ailleurs *très exceptionnels*. Nous avons constaté quelquefois la présence de pyrophyllite, correspondant au rapport $4SiO^2, Al^2O^3$, donc plus siliceuse que les types normaux. Mais nous n'avons jamais rencontré, dans les argiles sédimentaires courantes que nous avons étudiées, les types plus alumineux correspondant aux deux rapports SiO^2, Al^2O^3 (allophane) et $SiO^2, 2Al^2O^3$ (collyrite).

Les matières formées fondamentalement de silicates hydratés d'alumine que l'on désigne sous le terme générique d'*argiles* sont donc susceptibles, comme on le sait depuis longtemps, de présenter de grandes variations dans leur composition chimique; nous avons vérifié, par nos études microscopiques, qu'il en est de même pour leur structure physique.

Dans la pratique, on emploie couramment, pour exprimer l'état physique d'une argile, les deux termes d'*argiles grasses* et d'*argiles maigres*. Les premières sont celles qui présentent le plus de plasticité lorsqu'elles sont détrempées par l'eau, en donnant une pâte « longue », suivant l'expression des céramistes; même à sec, elles ont un toucher gras caractéristique, qui montre que les grains sableux de quartz, s'il en existe en quantité appréciable, sont de taille extrêmement fine. Les argiles maigres, au contraire, font moins facilement pâte avec l'eau et donnent une pâte « courte » peu plastique; au toucher, elles donnent une impression quelque peu granuleuse, tenant habituellement à l'existence de grains quartzeux de taille appréciable (au-dessus de $\frac{1}{10}$ de millimètre). La plupart des argiles courantes se placent d'ailleurs entre ces deux types extrêmes et peuvent être qualifiées de *demi-grasses*.

Or, on admet généralement qu'une argile est d'autant plus grasse qu'elle est plus alumineuse, et réciproquement. Mais nos recherches nous ont montré qu'il n'existe *aucune relation rigoureuse entre le caractère plus ou moins maigre ou gras d'une argile et les proportions respectives de* SiO^2 *et de* Al^2O^3 *qu'elle contient*. Certaines argiles riches en SiO^2 sont *anormalement grasses*, parce que leur silice libre est à l'état colloïdal ou bien sous la forme de grains quartzeux extrêmement fins (du quartz porphyrisé à l'état impalpable étant susceptible de donner avec l'eau une pâte relativement plastique). Inversement, les argiles riches en paillettes cristallines de kaolinite ont une plasticité bien moins grande que celles à fond halloysitique de même teneur en alumine, et elles sont *anormalement maigres*.

De même, on ne peut plus admettre comme une règle générale, ainsi qu'on le fait d'ordinaire, qu'une argile est d'autant plus réfractaire qu'elle est plus riche en alumine. Nous avons constaté beaucoup d'exceptions à cette règle, et *la composition chimique d'une argile ne suffit absolument pas à donner une présomption sérieuse sur ses qualités céramiques*. Celles-ci dépendent à la fois de cette composition et de multiples facteurs, mis en évidence par l'examen pétrographique, facteurs en relation avec l'état physique dans lequel se trouvent les divers éléments constituants de la matière très complexe qu'est une argile.

BIOLOGIE. — *Le déterminisme de la lobulation du rein chez les Mammifères.* Note de M. R. **Anthony**, présentée par M. Edmond Perrier.

La lobulation rénale que l'on a constatée au cours du développement ontogénique de nombreux Mammifères (l'Homme notamment) s'observe aussi, comme on sait, à des degrés divers, à l'âge adulte, chez quelques types mammaliens. Par exemple, le Bœuf et les Éléphants possèdent un rein divisé en lobes gros, mais peu nombreux et imparfaitement autonomes; le rein des Carnassiers pinnipèdes est formé de très nombreux rénicules, mais qui restent soudés par une partie de leur surface; celui des Loutres et des Ours est également divisé en lobes, peu nombreux il est vrai, mais complètement individualisés; chez les Cétacés enfin, le rein est en grappe et comporte suivant les cas plusieurs centaines ou même plusieurs milliers de rénicules.

Daudt (1898) regarde la lobulation rénale comme le résultat d'une adaptation au régime carnivore en milieu aquatique. Parmi les faits qui

s'accordent avec cette opinion on peut citer les suivants : le rein du Castor (aquatique, mais non carnivore) n'est pas lobulé, alors que le sont ceux des Loutres, des Pinnipèdes et des Cétacés (aquatiques et carnivores). Mais on peut citer aussi des faits qui la démentent : le Bœuf, les Éléphants, les Ours ont un rein divisé, alors que chez le Desman (Insectivore aquatique) le rein ne présente aucune trace de lobulation et est même de type élémentaire. Il convient enfin de faire remarquer que l'explication de Daudt reste purement verbale, n'indiquant pas comment la lobulation rénale peut être liée au régime carnivore en milieu aquatique.

Le problème du déterminisme de la lobulation rénale est, dans sa complexité, exactement du même ordre que celui du déterminisme du plissement de l'écorce du cerveau, en d'autres termes, de la gyrencéphalie.

La lobulation rénale exprime évidemment une augmentation de la surface sécrétante du rein, comme la gyrencéphalie exprime une augmentation de la surface de l'écorce néopalléale. Et de même que, lorsque la surface néopalléale augmente, il se trouve que le volume cérébral augmente aussi en une certaine proportion, l'augmentation de la surface sécrétante du rein s'accompagne d'une augmentation du volume de ce dernier organe.

De la même manière que l'augmentation de la surface néopalléale et du volume du cerveau dépendent d'une part des conditions qui sont en rapport avec le développement de l'intellect et d'autre part du volume somatique (*voir* sur ce sujet L. Manouvrier, 1885), l'augmentation de la surface sécrétante et du volume du rein dépendent :

1° De l'ensemble des conditions qui intensifient la sécrétion urinaire, comme par exemple l'habitat sous de froids climats, la vie dans un milieu aquatique lequel constitue une ambiance de basse température, l'absence, en rapport avec des causes variées, de glandes sudoripares, etc.

2° Du volume somatique.

Il s'ensuit que :

1° Parmi des animaux dont les conditions de sécrétion urinaire sont les mêmes, mais de volume somatique différent, les petits doivent avoir un rein relativement plus volumineux et à surface sécrétante relativement plus étendue que les gros, tout en ayant, comme on le conçoit, au point de vue absolu, le rein moins volumineux et la surface sécrétante rénale moins étendue.

2° Parmi des animaux dont le volume somatique est le même, mais dont les conditions de sécrétion urinaire diffèrent, ceux chez qui ces conditions

agissent le plus doivent avoir un rein absolument et relativement plus volumineux, en même temps qu'une surface sécrétante rénale absolument et relativement plus étendue que ceux chez qui ces conditions agissent le moins. (Sappey suppose que chez les peuples du Nord le parenchyme rénal doit être plus développé que chez les habitants des pays tropicaux.)

Mais on sait, et c'est cette loi mathématique qu'invoqua Baillarger en 1845, pour expliquer la gyrencéphalie, que les surfaces des corps semblables sont entre elles comme le carré de leurs diamètres, alors que leurs volumes sont entre eux comme les cubes de leurs diamètres. La lobulation rénale est donc une conséquence géométrique de l'augmentation du volume du rein et de sa surface sécrétante sous l'action des causes qui les déterminent. Lorsque l'on considère des animaux de conditions urinaires identiques, on voit la lobulation rénale paraître à partir d'un certaine taille qui est précisément déterminée par les conditions urinaires existantes et, à mesure que la taille augmente, le nombre des rénicules augmenter : le rein n'est pas divisé chez le Mouton, mais il le devient chez le Bœuf; c'est sans doute en raison de la grande masse de leur corps associée à la structure particulière de leur peau que les Éléphants ont un rein divisé ; étant donnée sa petite taille le Desman ne peut avoir qu'un rein élémentaire; les Cétacés, chez qui tout concourt à intensifier la sécrétion urinaire, ont un rein lobulé, aussi bien les moins volumineux que les plus volumineux, mais le nombre des rénicules est infiniment plus considérable chez les seconds que chez les premiers (j'en ai compté 459 dans le rein du *Delphinus delphis* L., 474 dans celui du *Mesoplodon ;* Beauregard et Boulart estiment que celui du *Balænoptera musculus* L. en contient plus de 3000). De même si, parmi des animaux de même taille, on constate que les uns ont un rein divisé alors que les autres ont un rein entier, c'est que chez les premiers interviennent des conditions qui tout particulièrement favorisent la sécrétion urinaire.

En résumé la lobulation rénale que l'on observe chez quelques types mammaliens, à l'âge adulte, est une conséquence géométrique de l'augmentation de la surface sécrétante du rein sous l'influence des causes qui la déterminent, à savoir : 1° toutes les conditions susceptibles d'intensifier la sécrétion rénale (habitat sous de froids climats, vie aquatique, absence de glandes sudoripares, etc.), 2° le volume somatique.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Castration alimentaire chez les coqs soumis au régime carné exclusif.* Note de M. **Albert Pézard**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une série d'expériences poursuivies de 1901 à 1906, F. Houssay [1] a étudié les modifications produites chez les Gallinacés (coqs et poules), par un régime carné exclusif. Parmi les résultats obtenus, l'auteur signale une diminution de dimorphisme sexuel : stérilisation progressive, coqs perdant l'instinct batailleur, poule prenant des ergots, etc.

Ayant établi que les caractères sexuels secondaires sont sous la dépendance des glandes génitales [2], nous avons été conduit à rechercher si les faits observés par F. Houssay ne se rattachaient pas à quelque modification de ces glandes, résultant du mode d'alimentation; effectivement, les modifications du dimorphisme sexuel présentées par les coqs carnivores reçoivent une interprétation rationnelle du fait de nos récents travaux (1910 à 1918).

Matériel. — F. Houssay met en observation deux coqs et quatre poules jeunes. Un coq (I_0) et deux poules (II_0 et III_0) sont nourris de graines et conservés comme témoins; les autres, I_1, II_1 et III_1 reçoivent de la viande fraîche. Ces derniers se reproduisent et fournissent cinq générations successives, dont les représentants sont également soumis au régime carné. En raison de la stérilisation des derniers sujets, l'expérience n'a pu être poussée plus loin. Les animaux ont été conservés pendant un temps assez long : 16 à 17 mois. L'autopsie est faite très soigneusement; les chiffres relatifs aux différents organes sont rassemblés en tableaux très détaillés, auxquels nous empruntons les documents du présent travail.

Constatations. — Dans plusieurs cas, F. Houssay a constaté la disparition de l'instinct combatif. Mis en présence de rivaux, certains coqs carnivores paraissent craintifs, cherchent à se cacher; ils ne réagissent plus s'ils sont attaqués. Le plus souvent, ils sont même acceptés avec la plus complète indifférence par leurs compagnons entiers qui ne daignent pas leur chercher querelle. Sont notés comme ainsi modifiés : les coqs V_2 (battu par les autres); IV_4, II_5 (vivent en paix avec leur concurrent); IV_5 (fuit et se cache).

Mais il est d'autres sujets, soumis au même régime, chez lesquels les caractères mâles ont persisté. Nous pouvons en juger, soit par *l'aptitude à*

(1) F. Houssay, *Variations expérimentales. Études sur six générations de poules carnivores* (*Arch. de Zool. exp. et gén.*, t. 6, 1907, p. 137 à 332).

(2) A. Pézard, *Le conditionnement physiologique des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés* (*Bull. Biol. de Fr. et Belg.*, 1918, p. 1 à 176).

la reproduction, soit par *l'épanouissement des organes érectiles*, excellent critère de la masculinité. Les coqs I_1, I_2, VI_2, I_3, IV_3, VII_4, III_5 ont été utilisés comme reproducteurs et sont restés fertiles; enfin, les organes érectiles et notamment la crête sont pleinement développés chez I_2, VI_2, I_4, II_4, VII_4, III_5 (d'après six dessins de l'auteur).

En définitive quelques sujets ont acquis les caractères psychiques propres aux chapons, tandis que d'autres ont conservé l'aspect et les fonctions des coqs normaux. Il était intéressant de confronter ces résultats contradictoires avec le poids des testicules, constaté à l'autopsie. La comparaison nous a amené à établir quatre catégories :

A. Coq granivore I_0. Poids des testicules 13g,75.

	I_1.	I_2.	VI_2.	I_4.	VII_4.
B. Coqs carnivores à testicules développés..	13g,75	15g,6	12g,45	40g,75 (1)	16g,76
	I_3.	IV_3.		II_4.	III_5.
C. Coqs carnivores à testicules réduits....	3g,94	4g,53		1g,9	8g,25
	III_2.	V_2.	IV_4.	II_5.	IV_5.
D. Coqs carnivores à testicules très réduits.	0g,7	0g,66	0g,40	0g,21	0g,53

Nous avons souligné d'un trait, les coqs carnivores qui ont perdu l'ardeur belliqueuse; ils appartiennent tous à la catégorie D : *moins de* 0g,75 *de testicule*.

Les coqs carnivores qui ont conservé les attributs de la virilité (soulignés de deux traits) appartiennent tous aux catégories B et C : *plus de* 0g,75 *de testicule*.

Deux de nos conclusions antérieures trouvent ici une vérification précise : l'une relative au minimum efficace de tissu testiculaire (0g,7 dans nos expériences), l'autre à l'intégralité de la croissance de la crête, une fois ce minimum atteint (loi de tout ou rien).

Conclusions. — En définitive, il convient de ne plus attribuer à l'influence *directe* du régime alimentaire les variations de dimorphisme sexuel que présentent les coqs carnivores. La vérité est que le régime exclusivement carné détermine une intoxication lente de l'organisme, à laquelle les glandes génitales ont été particulièrement sensibles. Celles-ci, dans plusieurs cas, n'ont pu résister et se sont atrophiées graduellement ou ne se sont pas développées. Il s'est alors produit, *secondairement*, les modifications bien connues, consécutives à la castration.

On ne peut d'ailleurs incriminer, comme cause du non-développement, les condi-

(1) Nous avons eu l'occasion, dans nos travaux, de trouver des chiffres aussi exagérés : coq n° 9, 28g; coq n° 14, 42g; la structure des glandes était normale.

tions d'espace ou de captivité : dans nos élevages de coqs granivores, faits dans les mêmes conditions que ceux de F. Houssay (parquets de même grandeur, placés dans un jardin), nous n'avons jamais constaté la moindre régression.

Ces expériences de castration alimentaire peuvent servir de base à une explication de la neutralisation des abeilles ouvrières, ou mieux, à la transformation inverse d'une larve d'ouvrière en reine virtuellement féconde. En outre, elles démontrent que la réponse de l'organisme à la suppression du testicule est unifiée, quelle que soit la cause de cette suppression (physiologique, pathologique ou opératoire). Signalons enfin que des résultats de même genre ont été obtenus par Schepelmann sur les oies (1906) [1], par C.-B. Paul sur les rats (1906) [2]; ils permettent d'entrevoir la généralisation des faits de castration alimentaire.

PHYSIOLOGIE. — *La toxicité urinaire et ses modifications par les injections hypodermiques d'oxygène pendant un séjour prolongé à l'Observatoire du Mont Blanc.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. Roux.

M. Gabriel Perrin a établi une Table de concordance entre la tension superficielle des urines et leur toxicité évaluée en urotoxies, l'*Urotoxie* représentant, en centimètres cubes, la quantité d'urine qui tue 1^{kg} de lapin. Cette Table montre que la toxicité d'une urine est en raison *inverse* de sa tension superficielle. La tension se calcule facilement par la formule

$$\text{T.s.} = \frac{100\,d}{n} \times 7,5,$$

d étant la densité de l'urine, $7^{mgr},5$ la T.s. de l'eau à 15°, et *n* le nombre de gouttes d'urine que donne, à 15°, une pipette de Duclaux de 5^{cm^3}.

Pendant les *onze jours* que j'ai passés à l'Observatoire du Mont Blanc, en 1919, j'ai analysé sur place 29 échantillons d'urines fraîches émises par moi. Avant et après mon ascension, j'ai fait à Chamonix, avec M. J. Vallot, 55 analyses pour y connaître mes moyennes de toxicité. Enfin, pendant l'ascension, et à l'Observatoire même, j'ai pratiqué sur moi plusieurs injections sous-cutanées d'oxygène, au moyen de l'*oxygénateur de précision* de Raoul Bayeux et Jules Richard. Je me les suis faites, de nuit comme de jour, lorsque ma respiration devenait pénible et que je me sentais menacé du mal de montagne.

---

(1) Schepelmann, *Ueber die gestaltende Wirkung verschiedener Ernährung auf die Organen der Gans* (*Arch. f. Entw.*, t. 21, 1906; t. 23, 1907).

(2) C.-B. Paul, *On the influence of the an excessive meat diet on the male reproductiv organs* (*Journ. of Phys.*, vol. 34, 1906).

Tableau I. — *Tensions superficielles et urotoxies avant, pendant et après mon séjour à l'Observatoire du Mont Blanc. Influence des injections hypodermiques d'oxygène sur la toxicité.*

Dates.	Heures.	T. s.	Uro.
	Juillet.		
19....	Réveil	6,82	63
20....	Réveil	6,86	65
20....	11^h30^m	6,49	45
21....	Nuit	6,66	54
22....	Nuit	6,85	65
22....	Réveil	6,99	75
22....	12^h	7,00	76
23....	Nuit	7,07	81
24....	Nuit	6,93	71
24....	Réveil	7,17	88
24....	10^h	7,33	104
26....	Plan des Aiguilles		
27....	Nuit	6,32	36
28....	Nuit	6,19	30
28....	Réveil	6,27	33
28....	21^h	6,35	38
29....	Nuit	6,53	47
29....	Réveil	6,69	56
30....	Réveil	6,71	57
	Août.		
2....	Nuit	6,81	62
3....	Nuit	6,50	45
4....	Nuit	6,75	59
4....	Réveil	7,13	85
4....	Tour du Brévent		
4....	19^h	6,90	68
5....	Nuit	5,94	20
5....	Réveil	6,20	30
5....	11^h30^m	6,31	35
6....	Nuit	6,88	66
6....	Réveil	7,12	85
6....	Course Pyramides		
7....	Nuit	6,28	34
7....	Réveil	6,52	46
7....	10^h *Oxygénation*		
7....	12	6,67	54
7....	19	7,02	77

Dates.	Heures.	T. s.	Uro.
	Août (suite).		
8....	Nuit	6,41	40
8....	Réveil	6,84	65
9....	Nuit	6,58	49
9....	Réveil	6,88	67
14 ...	Course Flégère		
15....	Nuit	6,09	26
15....	Réveil	6,20	30
16....	Réveil	6,64	52
18....	Réveil	6,73	58
23....	Grands Mulets. Pendant l'ascension, *oxygénation.*		
24....	Mont Blanc		
24....	11^h15^m	5,86	16
25....	8^h	6,09	26
25....	18	5,71	11
26....	3	Anhélant	
		Oxygénation	
26....	9	5,84	16
26....	18	6,02	23
27....	Nuit	6,39	40
27....	Réveil	6,44	42
27....	9^h	Anhélant	
		Oxygénation	
27....	13	5,80	14
27....	18	6,12	27
27....	21	6,27	33
28....	Nuit	6,41	40
28....	Réveil	6,83	64
28....	13^h	6,54	47
28....	18	6,38	39
28....	20	6,14	28
29....	3	6,40	40
29....	6	6,71	56
29....	9	6,67	54
29....	16	6,53	47
29....	21	6,35	38

Dates.	Heures.	T. s.	Uro.
	Août (suite).		
30....	4^h	6,21	30
30....	17	Anhélant	
		Oxygénation	
30....	21	6,06	24
31....	4	6,29	35
31....	8	6,51	45
	Septembre.		
1....	4^h	6,46	43
1....	9	6,53	52
1....	22	6,39	40
2....	8	6,15	28
2....	10	Anhélant	
		Oxygénation	
2....	12	5,80	14
4....	Descente du Mont Blanc aux Pyramides		
4....	20^h	6,13	27
5....	Retour Chamonix		
5....	17^h30^m	6,69	56
5....	23^h	7,46	117
6....	1	7,43	114
6....	7	7,08	81
6....	15	7,41	112
7....	0	7,26	97
7....	3	6,83	64
7....	8	6,50	45
7....	18	7,15	87
8....	1	7,18	89
8....	3	7,10	83
8....	7^h30^m	6,79	62
9....	8^h	6,81	62
	Nice		
30....	Réveil	6,82	63
	Octobre.		
1....	Réveil	6,83	64

Pendant ces onze jours passés au Mont Blanc, j'ai suivi un régime alimentaire invariable, d'où étaient exclus tous aliments carnés, et même le pain. Il comprenait : potages, pommes de terre, fruits cuits, thé léger sucré et chocolat. D'autre part, je n'avais comme fatigue que celle de mes expériences de physique et de physiologie : en conséquence, les chiffres des tensions superficielles sont comparables entre eux pour le Mont Blanc, et avec Chamonix. Le Tableau suivant donne les chiffres essentiels de mes *quatre-vingt-quatre* analyses. J'ai appelé *urines de nuit* celles qui furent émises entre 23^h et 6^h, et *urines du réveil* celles de 8^h à 9^h. Celles du jour sont détaillées.

Le Tableau I détaille les variations des urotoxies selon la fatigue, l'altitude, le moment de la journée, et par l'action de l'oxygénation hypodermique. La comparaison des moyennes va permettre de calculer les rapports d'influence de ces différents facteurs.

Tableau II. — *Moyenne des urotoxies à Chamonix et au Mont Blanc.*

		Nuit.	Réveil.	Jour.	Moyennes globales.
Chamonix	Sans fatigue......	47 (11)	61 (12)	79 (16)	62 (39)
	Après fatigue.....	28 (4)	36 (7)	46 (5)	37 (16)
Mont Blanc	Sans oxygène.....	» (0)	29 (3)	22 (7)	25 (10)
	Avec oxygène.....	40 (5)	52 (5)	36 (9)	42 (19)

(Entre parenthèses, le nombre des observations.)

Tableau III. — *Comparaison des variations des urotoxies.*

A. — *De Chamonix au Mont Blanc.*

Sans l'oxygénation, les urotoxies globales passent.........	de 62	à 25
Avec » » globales passent.........	» 62	» 42
Sans » » de la journée passent.....	» 79	» 22
Avec » » de la journée passent.....	» 79	» 36
Sans » » après sommeil, passent...	» 61	» 29
Avec » » après sommeil, passent...	» 61	» 52

B. — *Pendant le séjour au Mont Blanc.*

Par le sommeil, sans l'oxygénation, les urotoxies passent...	de 22	à 29
Par l'oxygénation, sans le sommeil, » » ...	» 25	» 42
Par l'oxygénation, avec le sommeil, » » ...	» 22	» 52

Tableau IV. — *Variations corrélatives de la toxicité urinaire.*

A. — *De Chamonix au Mont Blanc.*

	Pour 100.
Sans l'oxygénation, la toxicité globale augmente de..............	148
Avec » elle n'augmente que de.....................	48
Sans » la toxicité de la journée augmente de.........	259
Avec » elle n'augmente que de.....................	119
Sans » la toxicité après sommeil augmente de........	110
Avec » elle n'augmente que de.....................	17

B. — *Pendant le séjour au Mont Blanc.*

	Pour 100.
Par le sommeil sans l'oxygénation, la toxicité diminue de.........	24
Par l'oxygénation sans sommeil, elle diminue de..................	31
Par l'oxygénation avec le sommeil, la diminution atteint..........	58

Ces résultats mettent surtout en lumière le secours puissant que les injections sous-cutanées d'oxygène apportent dans la résistance à l'anoxhémie des très hautes altitudes. La lecture des Tableaux III et IV amène aux remarques supplémentaires suivantes :

1° A la haute altitude, les urines les plus toxiques sont celles de la journée. Cela prouve que les combustions organiques y sont insuffisantes pour le moindre effort et cela explique le besoin de sommeil qu'on y éprouve.

2° L'ascension du Mont Blanc donne lieu à une toxicité maxima, car l'ascensionniste y subit l'action d'une grande fatigue ajoutée à la diminution progressive de la pression barométrique (toxicité du 25 août, 18^h).

3° Au Mont Blanc, les injections d'oxygène atténuent la toxicité urinaire à toutes les heures. Leur action antitoxique n'est pas immédiate : elle n'apparaît que dans les urines émises *sept heures après l'injection*. Leur action dure environ *trente heures*.

MÉDECINE. — *Les souillures du lait.* Note [1] de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

La Commission de la tuberculose de 1900 a permis de déterminer un certain nombre de moyens pratiques d'enrayer la propagation de la tuberculose en France.

Brouardel, en se basant sur les travaux de Thorne-Thorne, a montré qu'en Angleterre, si la tuberculose avait notablement diminué dans son ensemble, elle continuait néanmoins à sévir avec la même intensité chez les enfants de 0 à 1 an, les mesures prises par le Board of health n'ayant pas, à cette époque, tenu compte des possibilités de contagion par le tube digestif.

Il a été prouvé depuis, par les expériences de Bang, Lydia Rabinovitch et Kempner, Gehrmann et Evans, Mohler, Moussu, etc., que des vaches laitières ne portant pas de lésions des mamelles, mais ayant réagi à la tuberculine, peuvent donner un lait virulent dans la proportion de 23 à 66 pour 100.

(1) Séance du 8 décembre 1919.

D'autre part, Kossel, Weber et Heuss, Calmette, ont démontré que, chez l'enfant, la tuberculisation avait lieu par la voie digestive, à la suite de l'absorption du bacille bovin.

Ces faits admis dans la plupart des pays de production laitière, Belgique, Hollande, Danemark, etc., ont été l'objet de mesures législatives énergiques ayant pour but d'enrayer la propagation de la tuberculose par le lait.

La conséquence en a été un abaissement du taux de la mortalité par tuberculose dans ces pays.

La contamination du lait chez les bêtes réagissant à la tuberculine, mais sans lésion des pis, se fait le plus souvent indirectement, par le passage dans le lait de matières excrémentitielles, leurs fèces contiennent, en effet, de nombreux bacilles (Reichel et Deubler, Schroeder et Cotton).

Sachant, d'une part, que la moitié de notre cheptel est, à l'heure actuelle, contaminé (Martel), et connaissant, d'autre part, l'incurie et la négligence absolue avec lesquelles le lait est traité et manipulé, on comprendra la facilité avec laquelle il peut être infecté par les débris de bouse dont les animaux sont plus ou moins revêtus.

Depuis plusieurs années, nous avons expérimenté au point de vue de la propreté les laits provenant des diverses régions alimentant Paris, et nous avons vu l'état des choses non pas s'améliorer, mais s'aggraver presque partout au milieu d'une indifférence générale.

L'appareil employé par nous est le suivant : un récipient dans lequel on fait le vide est surmonté d'un entonnoir cylindrique qui porte à sa base un dispositif permettant de recevoir une rondelle en flanelle blanche supportée par une toile métallique.

On y verse le lait à examiner, et, grâce à un jeu de robinet, il est aspiré instantanément dans le récipient inférieur.

Après cette opération, les souillures épuisées par des solvants appropriés restent fixées sur le filtre qui peut être pesé.

Nous avons trouvé dans certains cas des laits possédant 1^g de matières excrémentitielles par litre, et une richesse bactérienne de 20 millions de germes au centimètre cube.

La disette de fourrage, et par conséquent la pénurie de la litière, la malpropreté des bêtes laitières expliquent, sans qu'il soit besoin d'insister, la quantité de souillures contenue dans certains laits examinés par nous.

Dans notre pays de si faible natalité, où des milliers de nourrissons alimentés artificiellement périssent chaque année du fait de l'ingestion de semblables laits, nous estimons urgent que des mesures soient prises pour

que le lait, aliment unique des nouveaux-nés, soit non seulement à l'abri des falsifications, mais encore des souillures qui en font actuellement, dans la plupart des cas, un véritable poison.

MÉDECINE. — *Au sujet de la conservation du vaccin antivarioleux*, Note de M. **P. Achalme** et Mme **Phisalix**, présentée par M. Laveran.

Dans la séance du 13 octobre dernier, M. Bordas a communiqué une Note sur les avantages de la dessiccation du vaccin et de sa conservation dans le vide, principalement en ce qui concerne le ravitaillement des centres vaccinogènes coloniaux.

Ces résultats confirment d'une manière absolue les expériences que nous avons poursuivies en 1908-1909 au laboratoire colonial du Muséum et qui ont été réunies dans une Note présentée à la *Société de Pathologie exotique* (séance du 21 juillet 1909, t. 2, nº 7, p. 431-434).

Nos conclusions étaient les suivantes : « Dans les pays chauds, l'usage du vaccin desséché en masse doit être le procédé d'élection pour le transport et la conservation; la dessiccation qui demande un matériel peu important doit être aussi complète et aussi rapide que possible; le vaccin doit être ensuite protégé contre l'humidité en le conservant dans des tubes scellés dans lesquels il sera préférable de faire un vide partiel. »

Depuis cette époque, certains centres coloniaux ont utilisé notre méthode et en ont obtenu les meilleurs résultats. Citons entre autres l'Est africain anglais dont le laboratoire prépare chaque année de grandes quantités de vaccin par la méthode Achalme-Marie Phisalix. Les résultats des inoculations, obtenus par ce vaccin, sont consignés dans les *Nairobi laboratory reports*, depuis 1910.

Le travail de M. Bordas apporte une nouvelle contribution à cette question déjà résolue par le laboratoire et par la pratique.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1919.

PRÉSIDÉE PAR M. LÉON GUIGNARD.

En ouvrant la séance M. **Léon Guignard** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

La tradition académique fait à votre Président le pieux devoir de saluer, dans cette séance la mémoire des Confrères que nous avons perdus au cours de l'année et de rappeler, au moins brièvement, les principaux traits de leur œuvre scientifique.

L'Académie a vu disparaître son doyen d'âge, M. Jean-Jacques-Théophile Schlœsing, membre de la Section d'Économie rurale pendant près de quarante ans, un associé étranger, Lord Rayleigh, un correspondant national, M. Raphaël Lépine, et trois correspondants étrangers, Sir William Crookes, MM. Gustav Retzius et Gilson Farlow.

M. Schlœsing était aussi le doyen d'âge de l'Institut. Il est mort dans sa 95e année et, jusqu'à cette extrême vieillesse, il avait eu l'heureux privilège de conserver une vigueur et une activité intellectuelle peu communes.

Né en 1824 à Marseille, il entrait en 1841 à l'École Polytechnique et en sortait deux ans après dans le service des Manufactures de l'État; quelques années plus tard, il devenait Directeur de l'École d'application de la Manufacture des tabacs. Nommé professeur à l'Institut agronomique lors de la création de cet établissement en 1876, il suppléa, pendant une douzaine d'années, Boussingault dans sa chaire du Conservatoire des Arts et Métiers et succéda, en 1887, à l'illustre agronome dont il devait être le brillant continuateur.

Pendant trois quarts de siècle, M. Schlœsing a consacré presque entièrement son immense labeur aux applications de la chimie à l'agriculture.

Parmi les questions qui ont fait l'objet de ses recherches, il n'en est pas une seule qu'il n'ait éclairée d'un jour nouveau. Il étudie d'abord, par devoir d'état, la culture, la composition, la combustibilité du tabac; il entreprend ensuite une longue série de recherches sur la terre végétale, la constitution des argiles, les propriétés physiques et mécaniques des sols arables, le rôle que jouent, dans l'évolution des végétaux, l'acide carbonique et l'ammoniaque du sol, de l'atmosphère, des eaux douces ou salées. Il appelle l'attention sur ce fait, que la proportion d'acide carbonique de l'air est en relation directe avec la dissociation des bicarbonates contenus dans la mer, montrant ainsi que, par les échanges continuels qui s'effectuent entre l'air et l'eau, la mer concourt à maintenir la constance du taux de l'acide carbonique aérien et apparaît dès lors comme le grand régulateur de la composition de l'air atmosphérique.

L'étude de la formation des nitrates dans le sol, si importante pour l'agriculture, celle de la nitrification concomitante de la purification des eaux chargées de matières organiques, ont conduit M. Schlœsing à une découverte sensationnelle : celle du ferment nitrique. Avec la collaboration de notre regretté confrère Achille Müntz, il a donné la preuve décisive que la formation des nitrates est due à l'intervention de ferments organisés et, par suite, à un phénomène vital. Cette découverte, en montrant que la terre n'est pas une chose morte, comme on le pensait, mais qu'elle est le siège d'une vie intense, a dévoilé le mystère de la fécondité de bien des sols; elle a ouvert aux recherches agronomiques de nouveaux horizons; elle a permis de comprendre la formation des immenses dépôts de nitrate de soude de l'Amérique du Sud.

Dans les premiers temps de sa carrière, M. Schlœsing s'était occupé aussi de diverses questions industrielles. En 1854, il faisait connaître, avec Rolland, un procédé de fabrication de la soude à l'ammoniaque, qui dut malheureusement être abandonné en France, surtout à cause des inconvénients résultant du monopole du sel. Notre pays n'a pu bénéficier de cette découverte, et l'on sait à quel point la fabrication de la soude à l'ammoniaque est bientôt devenue florissante entre les mains de M. Solvay.

Un des caractères de l'œuvre si féconde et si éminemment utile de notre illustre confrère, c'est d'avoir été presque toujours accomplie à l'aide de méthodes et d'appareils d'une délicatesse extrême, qu'il avait conçus et exécutés lui-même. Ces méthodes, d'une rigueur et d'une élégance exceptionnelles, sont en usage dans tous les laboratoires; elles ont contribué grandement à assurer au nom de leur auteur, à côté de celui de Boussingault, une place éminente parmi les maîtres de l'agronomie.

Lord Rayleigh fut un de ces grands physiciens dont les travaux ont jeté, depuis plus d'un siècle, un si vif éclat sur la science anglaise.

Né en 1842 et connu d'abord sous le nom de John William Strutt, avant de succéder à son père à la Chambre des Lords, il avait occupé successivement les chaires illustrées par Maxwell à l'Université de Cambridge et par Tyndall à l'Institution royale de Londres.

Lord Rayleigh était à la fois un mathématicien de premier ordre et un expérimentateur hors de pair, dont l'ingéniosité et la précision savaient tirer des méthodes et des expériences les plus simples les résultats les plus éclatants. Celui qui voudrait énumérer ses travaux devrait passer en revue tous les chapitres de la Physique.

Parmi les Mémoires qu'il a publiés sur la lumière, l'un des plus intéressants se rapporte à la couleur bleue du ciel dont il a le premier donné une explication satisfaisante. Dans le domaine de la physique moléculaire, ses recherches sur les phénomènes capillaires sont d'une grande portée théorique et d'une rare élégance expérimentale. Il en est de même de celles relatives à la tension superficielle de certains liquides. En étudiant, notamment, les mouvements du camphre à la surface de l'eau, et en évaluant l'épaisseur d'une couche graisseuse suffisante pour les arrêter, il fut conduit à expliquer l'extraordinaire effet calmant de l'huile filée sur le clapotis de la mer et, en bon Anglais, il consacra tout un Mémoire à ce côté pratique de la question.

L'acoustique a été l'un de ses sujets de prédilection. Son magistral Ouvrage sur la *Théorie du son* n'est pas moins remarquable par de très nombreuses et très originales expériences, que par la puissance des vues théoriques et la souplesse avec laquelle il utilise l'analyse mathématique. Plus tard, c'est l'électricité qui lui fournit un nouveau champ d'études. Il s'occupe de la détermination de l'ohm et de l'étalon de force électromotrice. Dans ces travaux de métrologie électrique, commencés en 1881, avant l'ouverture du Congrès des Électriciens, Lord Rayleigh s'est montré, avec plus de précision dans les mesures, le digne continuateur de ses illustres devanciers, Maxwell et Lord Kelvin.

Mais la découverte qui devait surtout le faire connaître du grand public, celle qui lui a valu une notoriété universelle, c'est la découverte de l'argon, qu'il trouva et isola, il y a vingt-cinq ans, avec la collaboration de Sir William Ramsay.

Que tant de chimistes aient étudié, depuis plus d'un siècle, la composition de l'air sans y reconnaître la présence d'un élément qui y tient pourtant une place relativement importante, un centième environ, la chose pouvait

paraître incroyable. Les recherches exécutées par Lord Rayleigh sur la densité exacte de différents gaz lui avaient permis de constater plus d'une cause d'erreur dans les déterminations faites antérieurement par les plus habiles physiciens. Quand il en vint à l'azote, il observa que la densité de ce gaz diffère suivant qu'il provient de l'air atmosphérique ou d'un composé chimique azoté. Elle est un peu plus grande dans le premier cas que dans le second, et cette différence est due précisément à la présence du nouveau corps.

Sans vouloir diminuer en rien le mérite de Ramsay, qui possède tant d'autres titres de gloire, et qui fut aussi Associé de notre Académie, on peut dire que ce sont les mesures d'une extrême précision employées par Lord Rayleigh qui ont conduit à cette retentissante découverte. Elle a valu à ce grand savant le prix Nobel en 1904.

M. Raphael Lépine, professeur honoraire de la Faculté de Médecine de Lyon, était Correspondant de l'Académie depuis 1887. Il avait conquis les titres de médecin des hôpitaux et d'agrégé de la Faculté de Médecine de Paris, lorsqu'il fut appelé, en 1877, à l'une des chaires de clinique de la Faculté de Lyon qui venait d'être créée. Sa vie tout entière a été consacrée à la médecine générale et surtout à la physiologie appliquée à la médecine.

Claude Bernard avait autrefois remarqué que, dans le sang sorti des vaisseaux et abandonné à lui-même, le sucre se détruit. Ce fait n'avait pas retenu l'attention des physiologistes. M. Lépine en confirma l'existence, en fit une étude approfondie, montra la généralité et par suite l'importance de ce phénomène dont il détermina les conditions et découvrit le mécanisme. C'est au cours de ces recherches qu'il fut amené à reconnaître le rôle du pancréas dans la destruction du sucre, et il soutint, le premier, que cet organe, en livrant au sang un ferment glycolytique, fonctionne comme une glande à sécrétion interne. Les travaux qu'il a faits dans cette voie ont contribué à répandre l'idée qu'il y a, dans le diabète, plutôt une glycolyse insuffisante qu'une formation exagérée de glycose. Depuis ses premières publications sur ce sujet, en 1887, il ne cessa de s'en occuper et, aujourd'hui, le rôle de la glycolyse est reconnu par tous les physiologistes. De ces recherches est sortie toute une théorie du diabète dont l'honneur lui doit revenir; son livre, le *Diabète sucré*, publié en 1909, est un monument d'érudition, une mine précieuse de renseignements sûrs, d'idées intéressantes, de suggestions ingénieuses,

Cependant, si important soit cet Ouvrage, il n'avait pas épuisé toutes les

richesses accumulées par son auteur sur les questions relatives au métabolisme du sucre et à ses déviations, et, dans ces dernières années, jusqu'à ses derniers jours, peut-on dire, M. Lépine a préparé un travail d'ensemble sur le sucre du sang, travail dont il a d'ailleurs fait paraître d'importants fragments.

L'activité de M. Lépine s'est étendue aussi à beaucoup d'autres questions : à la physiologie des nerfs vaso-dilatateurs, aux localisations cérébrales motrices, à la physiologie et à la pathologie du rein sur lesquelles il a publié de remarquables études, à la pathologie du système nerveux et surtout à la pharmacodynamie dont il a été en France un des plus actifs propagateurs.

Toute son œuvre est le résultat d'une union intime de l'expérimentation et de la clinique, suivant les enseignements de Claude Bernard ; et c'est de lui, cette formule si juste, qu'il est, en médecine, « suranné de penser anatomiquement », ce qui revient à dire qu'il faut considérer l'organisme vivant et non pas le cadavre. Avec notre éminent et regretté confrère Charles Bouchard, il a été, depuis un demi-siècle, l'un des pathologistes qui ont le plus contribué aux progrès de la médecine expérimentale.

Sir William Crookes était universellement regardé comme une des gloires scientifiques de l'Angleterre. Il y avait plus de 40 ans que sa découverte du *thallium* aurait pu le faire nommer Correspondant dans la Section de Chimie, quand il fut élu dans celle de Physique.

Au cours des pesées qu'il effectua pour déterminer le poids atomique de ce nouveau corps, il fut frappé de certaines irrégularités en relation avec la température et, pour les éliminer, il chercha à opérer dans le vide. Les anomalies persistant, il en vint à supposer que la radiation a une force répulsive et, dans le but de vérifier cette hypothèse, il construisit, en 1874, ce curieux instrument qui devait rendre son nom populaire : le radiomètre de Crookes, petit moulinet formé de quatre ailettes verticales noircies d'un seul côté et placé dans une ampoule où l'on a fait le vide. L'appareil se met à tourner dès qu'il est frappé par la lumière. Crookes pensait que la rotation résultait de la force vive de la radiation ; on sait aujourd'hui qu'elle doit être cherchée dans l'échauffement du gaz qui reste dans l'ampoule.

L'invention du radiomètre conduisit Crookes à une série de recherches fécondes sur les décharges électriques dans les tubes à gaz raréfiés. Il mit en évidence les propriétés des rayons cathodiques et sut rendre manifestes leurs effets mécaniques, calorifiques, lumineux et électromagnétiques. Il fut amené de la sorte à penser que la matière peut se présenter sous un qua-

trième état, différent des états solide, liquide ou gazeux : c'est l'*état radiant*, dans lequel la matière possède des propriétés toutes particulières, l'électrode négative étant le siège d'un véritable bombardement moléculaire.

Les conclusions de Crookes furent combattues pendant bien des années par presque toute l'école allemande, qui voyait dans les rayons cathodiques des ondulations de l'éther, analogues à celles produisant la lumière visible. Ainsi ressuscitait, de notre temps, sous une forme nouvelle, la vieille dispute entre les partisans de l'émission et ceux des ondulations, qui avait autrefois divisé les physiciens. On sait que les progrès de la Science ont donné raison à Crookes et à l'école anglaise.

Par une véritable divination, Crookes avait pressenti que les plus grands problèmes scientifiques trouveraient un jour leur solution dans ce nouveau domaine, encore obscur, où la matière et la force semblent se confondre. La découverte ultérieure de la radioactivité par Henri Becquerel, celle du radium par Curie, sont venues confirmer d'une façon éclatante les prévisions du savant anglais.

Après la découverte du radium, Crookes imaginait encore un appareil d'une simplicité et d'une originalité extrêmes, le spinthariscope, qui permet de constater *de visu* la désagrégation indéfinie du radium et son bombardement moléculaire. Cette invention montrait que les années n'avaient rien enlevé de sa vigueur et de son ingéniosité à l'imagination créatrice de l'auteur.

Il convient de remarquer encore que, représentant typique du génie à la fois idéaliste et réalisateur de la race anglaise, Crookes n'a jamais négligé les questions pratiques. On lui doit des Mémoires sur les couleurs d'aniline, la teinture, le sucre de betteraves, la fabrication des engrais azotés par voie électrique aux dépens de l'azote atmosphérique. Mais c'est surtout pour avoir été l'un des précurseurs des idées modernes sur la constitution de la matière qu'il comptera parmi les savants les plus éminents de notre époque, et c'est à bon droit qu'il a été appelé « le père de la physique nouvelle ».

M. Gustav Retzius, professeur d'Histologie à l'Institut Carolin de Stockholm, appartenait à une famille de naturalistes ayant honoré la science suédoise.

Il marqua ses débuts, en 1875, par un important Ouvrage, publié en collaboration avec Axel Key, sur l'*Anatomie du système nerveux et du tissu conjonctif*, ouvrage accompagné de planches d'une exécution remarquable;

puis vint une étude magistrale, aujourd'hui classique, sur l'*Appareil de l'ouïe chez les Vertébrés*. Dans ces trente dernières années, la plupart de ses recherches ont eu pour objet la constitution du système nerveux chez les animaux inférieurs. Avec MM. Golgi, Ramon y Cajal, van Gehuchten et d'autres, dont les travaux ont rénové l'étude de cette question, M. Retzius a été, grâce à la précision de ses méthodes de technique microscopique et à la variété des types zoologiques étudiés par lui, l'un des histologistes qui ont le plus contribué à élucider la structure si complexe des centres nerveux et à donner une base solide à la théorie du neurone, acceptée aujourd'hui par la plupart des biologistes.

M. Farlow, professeur honoraire de l'Université Harvard, était un des maîtres de la Botanique cryptogamique aux États-Unis. Formé à l'ancienne discipline, il avait commencé par étudier toutes les branches de la science des végétaux, puis il s'était plus spécialement occupé des Champignons et des Algues.

A l'exemple de beaucoup de ses compatriotes, il avait fait en Europe un séjour prolongé pour s'initier aux méthodes suivies dans les laboratoires. L'accueil si cordial qu'il trouva pendant son voyage, à Antibes, auprès de nos anciens confrères Thuret et Bornet, le retint longtemps sur les bords de la Méditerranée. C'est là qu'il se familiarisa avec l'étude des Algues et qu'il contracta avec M. Bornet une amitié qui ne devait finir qu'avec la vie.

De retour à Cambridge, il entreprit la tâche difficile et laborieuse d'inventorier toute la flore mycologique de l'Amérique du Nord. Il lui fallut, pour cela, réviser une masse énorme de matériaux dont la connaissance précise pouvait seule donner une base scientifique à ce vaste dessein. En même temps, il parcourait les côtes des États-Unis du Nord pour en connaître la flore algologique. Les travaux sur les Champignons ont abouti, grâce à l'aide pécuniaire de l'Institution Carnegie, à des publications d'un haut intérêt, et l'on ne s'étonnera pas qu'aux États-Unis la notoriété de M. Farlow, en botanique, ait été comparable à celle d'Agassiz en zoologie.

Dans le conflit qui vient d'ensanglanter le monde, Farlow avait, dès le début, manifesté son mépris de la duplicité allemande. L'une de ses nièces, qu'il aimait comme sa fille, s'était enrôlée des premières pour venir soigner nos blessés. Chaque année, par des dons généreux et discrets, il soulageait la détresse de veuves ou d'enfants de jeunes savants français tombés au champ d'honneur.

Tous ces confrères, dont nous déplorons la perte, avaient dépassé les limites ordinaires de la vie. Ils laissent après eux une œuvre féconde, quand ils n'ont pas attaché leur nom aux plus brillantes et aux plus utiles découvertes.

Messieurs, le hasard veut que, cette année, l'Académie des Sciences tienne sa séance publique le jour anniversaire de sa fondation. C'est, en effet, le 22 décembre 1666 qu'elle a reçu de Colbert sa consécration officielle.

Notre Compagnie ne saurait, comme l'Académie française, se réclamer de Richelieu. De même que l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, son aînée de quelques années seulement, elle date de cette brillante époque du règne de Louis XIV, qui suivit la paix des Pyrénées et où courtisans et ministres rivalisaient de zèle pour servir la renommée du monarque.

Pour avoir été moins souvent célébrée, sous cette coupole, que celle du grand Cardinal, la mémoire de Colbert n'en est pas moins digne de l'hommage que nous nous plaisons à lui rendre aujourd'hui.

Au cours de ces derniers siècles, notre pays a connu bien des transformations violentes; seules, les Académies ont traversé ces tempêtes politiques sans subir de profonds et durables changements. L'Académie des Sciences, surtout, protégée sans doute par la nature même de ses études, et aussi par la multiplicité des services que l'État n'a jamais cessé de lui demander et qu'elle lui a rendus, a pu poursuivre en tout temps la mission qui lui était réservée. Son développement a été méthodique, progressif, régulier. Les modifications qui lui ont été imposées à diverses époques n'ont été ni radicales, ni contradictoires; elles ont suivi l'évolution de la Science elle-même dont les diverses branches ont fait, en France, des progrès considérables, surtout pendant la seconde moitié du XVIII[e] siècle.

A l'époque de la Révolution, les mathématiques et l'astronomie sont dans tout leur éclat: Bailly, Lalande, Messier, Delambre poursuivent leurs travaux; Laplace commence de manifester le puissant esprit qui devait s'immortaliser avec la *Mécanique céleste*. Dans les sciences chimiques, Berthollet, Monge, Fourcroy, Guyton de Morveau forment un groupe imposant que domine l'une des plus grandes figures de la Science moderne, Lavoisier. En histoire naturelle, les noms de Haüy, Daubenton, Duhamel du Monceau, de Jussieu, Lamarck brillent au premier rang. On peut donc dire que, depuis Colbert, le long et méthodique travail de l'Académie avait

porté la Science française à un état de prospérité qui n'avait jamais été égalé.

A aucune autre époque, d'ailleurs, la Science ne fut plus populaire, plus considérée que dans ces heureuses années où le vieux monde creusa lui-même sa tombe au bruit des chansons. Les belles dames fréquentaient les laboratoires, assistaient aux expériences, s'abonnaient aux publications savantes; les grands seigneurs fondaient des prix pour récompenser les inventeurs. Quoiqu'elles ne fussent pas encore enseignées dans les établissements d'instruction, les sciences attiraient un public élégant et choisi d'hommes du monde, qui se réunissaient autour des chaires du Lycée des Arts, de la Société philomathique et de quelques autres Sociétés libres.

Lorsqu'éclata la Révolution, la France occupait, au point de vue scientifique, une situation hors de pair, et c'est avant tout au concours de ses savants qu'elle doit d'avoir triomphé de l'Europe conjurée contre elle, car les nations ne combattent pas seulement avec leurs armées, elles luttent aussi par les cerveaux de l'élite.

Après les événements qui viennent de s'accomplir, il n'est peut-être pas inutile de faire un retour en arrière et de rappeler qu'autrefois déjà, la patrie en danger put compter sur le concours sans réserve et particulièrement efficace de ses hommes de science.

Au moment où, pour arrêter l'invasion et triompher de la guerre civile, la Convention décréta la levée en masse, tout manquait pour équiper et armer les 450000 recrues de la première réquisition. Les arsenaux étaient vides; la marine ennemie bloquant nos côtes, les matières premières faisaient défaut. L'acier, dont on ignorait en France la fabrication, nous venait jusque-là de l'Angleterre, de la Suède ou de l'Allemagne; le salpêtre était tiré en grande partie de l'Inde. Dans ces conditions, il fallait tout créer, tout improviser, matières premières et outillage.

Le Comité de Salut public fait appel aux membres de l'Académie et à leurs élèves : Monge, Berthollet, Fourcroy, Chaptal, Périer, Hassenfratz, Vauquelin, Vandermonde et autres. Il met à leur disposition le château du Petit-Meudon et le parc avoisinant pour servir aux expériences; il réquisitionne tout ce qui peut être utile à la défense nationale. Avec Vandermonde et Berthollet, Monge découvre le procédé de fabrication de l'acier; il publie un merveilleux précis sur l'*Art de fabriquer les canons*. Fourcroy réussit à séparer le cuivre du bronze des cloches. Vandermonde est chargé de la fabrication des fusils, des sabres et des baïonnettes et nommé inspecteur général des manufactures d'armes. On a bientôt des armes, mais les munitions manquent : Hoche, qui commande l'armée de Sambre et Meuse,

est obligé, faute de poudre, de battre en retraite ou de se tenir sur la défensive.

Sous l'impulsion de Lavoisier, l'ancienne régie des poudres avait essayé de se libérer du tribut qu'elle payait à l'Inde pour le salpêtre; mais il fallait vingt fois plus de nitre qu'elle n'en pouvait fabriquer. C'est alors que Monge affirme que le sol de la France peut fournir du salpêtre au-delà des besoins et qu'il suffit de le retirer des caves, des écuries, des lieux bas et humides. « Qu'on nous donne de la terre salpétrée, dit-il, et trois jours après nous en chargerons les canons. » Les régisseurs des poudres sourient, mais le Comité de Salut public a confiance et choisit des chimistes pour diriger la fabrication dans toute la France. On raconte que Vauquelin reçut alors d'un membre du Comité le billet suivant : « Pars, fais-nous du salpêtre, ou je t'envoie à la guillotine. » Et Vauquelin de se mettre en route pour surveiller la fabrication dans la Touraine et le Poitou, pendant que Chaptal remplit la même mission dans le Sud-Est.

Mais les chimistes ne représentant qu'un état-major, il faut improviser un personnel subalterne. Le Comité de Salut public crée l'*Ecole des Armes*, qui devra fournir dans l'espace d'un mois 1200 agents capables de diriger la fabrication du salpêtre, de la poudre et des canons. La potasse, tirée auparavant de l'Espagne, menace de manquer; on l'extrait de la cendre des végétaux et on la remplace par la soude dans la fabrication du verre et du savon. La soude est obtenue à l'aide du procédé imaginé à cette époque par Leblanc et employé depuis lors jusqu'à nos jours. Le mode de préparation de la poudre, très lent et pénible jusque-là, reçoit de tels perfectionnements que la poudrerie de Grenelle, sous la direction de Chaptal, en fournit à elle seule 30000 livres par jour, et, quand elle saute l'année suivante, les autres suffisent à la remplacer.

Les savants ne se bornent pas à doter la République de l'armement qui lui est nécessaire; leur activité s'exerce dans tous les domaines de la défense et de l'économie nationales. Ils imaginent de nouveaux procédés pour le tannage rapide des cuirs, la fabrication des tissus, du papier et de cent autres produits.

Mais ce qui frappa le plus, peut-être, l'imagination des contemporains, ce fut l'invention du télégraphe et des aérostats militaires. Dans l'été de 1794, le télégraphe de l'abbé Claude Chappe apprenait à la France la reprise du Quesnoy et de Condé sur les Autrichiens; le 6 juin de la même année, l'aérostat de Guyton de Morveau planait sur le champ de bataille de Fleurus.

Si la France de l'an II, selon le mot de Chaptal, « a fait voir à l'Europe

étonnée ce que peut une grande nation éclairée quand on attaque son indépendance », c'est que ses savants surent improviser en quelques mois les fabrications de guerre dans un pays où tout manquait. Mais, on l'a dit avec raison, une telle improvisation avait été préparée par l'admirable mouvement scientifique qui précéda immédiatement la Révolution. Sans les découvertes de Lavoisier et de ses collaborateurs, la victoire eût été impossible.

Un jour vint, sous la Terreur, où toutes les Académies furent condamnées dans leur nom et dans leur principe. L'Académie des Sciences dut subir le sort commun; mais les services qu'elle avait rendus la protégèrent contre une excessive rigueur. Dans le rapport qui précédait le décret du 8 août 1793 portant suppression des Académies, Grégoire lui rendait pleine justice : « L'Académie des Sciences, disait-il, qui fut toujours composée des premiers hommes de l'Europe, a décrit plus de quatre cents machines et publié cent trente volumes qui sont un des plus beaux monuments de l'esprit humain. Elle continue avec une activité infatigable les travaux dont vous l'avez chargée sur l'argenterie des églises, sur les titres des monnaies d'or et d'argent, sur la production du salpêtre et sur la mesure d'un arc du méridien. » Aussi, tandis que l'article premier du décret portait que toutes les Académies et Sociétés dotées ou patentées par la Nation étaient supprimées, l'article 2 stipulait que « l'Académie des Sciences demeurerait *provisoirement* chargée des différents travaux qui lui avaient été envoyés et qu'elle continuerait en conséquence, et jusqu'à nouvel ordre, à jouir des attributions annuelles qui lui avaient été accordées ».

Deux ans plus tard, l'Institut était créé par la loi du 25 octobre 1795, et l'Académie des Sciences reparaissait sous le nom de Première Classe du nouveau corps. Tel était alors le prestige de ses membres que, nommé en décembre 1797 dans la Section de Mécanique, le général Bonaparte, quand il prit le commandement de l'armée d'Égypte, signa ses proclamations et ses ordres : « Bonaparte, général en chef, membre de l'Institut », — « bien sûr, disait-il, d'être compris du dernier tambour ».

Messieurs, dans la guerre atroce qui s'est terminée par la victoire de nos armes, la France, une fois de plus, — et Dieu sait au milieu de quels périls ! — a montré ce que peut une nation qui ne veut pas périr.

Pendant cinquante ans, l'Allemagne avait préparé son agression; ses

arsenaux regorgeaient de munitions et de matériel; ses usines de produits métallurgiques et chimiques, auxquels elle devait son emprise commerciale sur le monde, pouvaient se transformer du jour au lendemain en usines de guerre; elle possédait des stocks énormes de toutes les matières dont elle pourrait avoir besoin; son exubérante natalité lui permettait de soustraire à la mobilisation ses savants, ses ingénieurs, ses ouvriers.

La France, qui se refusait à croire à la guerre, en dépit des avertissements de ceux qui ne fermaient pas systématiquement les yeux pour ne rien voir, avait négligé de la préparer; mal outillée, elle était bientôt privée par l'invasion de la majeure partie de ses aciéries et de ses fabriques de produits chimiques; l'ouverture des hostilités, vidant dès le premier jour ses arsenaux, ses usines et ses ateliers, l'avait désorganisée à l'intérieur.

Par quels prodiges a-t-elle pu tenir sur les champs de bataille militaires et sur les champs de bataille industriels, c'est ce qui restera toujours pour le monde un sujet d'étonnement et d'admiration.

Dans cette lutte gigantesque sur terre, sur mer et dans les airs, où toutes les sciences, même les plus abstraites et les plus subtiles, ont été mises à contribution, la Chimie tient une place éminente. C'est elle qui, par un effort inouï, a fourni ces milliers de tonnes d'explosifs divers qui, finalement, ont arrêté l'ennemi. Et quand, au printemps de 1915, l'Allemagne, déçue dans son espoir de victoire facile, si orgueilleusement escomptée, eut recours au procédé infâme de l'asphyxie par les gaz, tenu en réserve depuis longtemps, c'est encore la Chimie qui, pour notre salut, organisa la défensive et prépara la riposte.

Vous avez gardé le souvenir de la surprise indignée qui accueillit l'emploi, par les Allemands, au mépris des conventions internationales, de cette nouvelle méthode de combat. En France, avant la guerre, chaque fois qu'un inventeur avait proposé une substance toxique pour le chargement des obus ou un procédé d'émission de gaz délétères, le Gouvernement avait arrêté tout examen de l'invention. A diverses reprises, l'Académie avait de même refusé de se faire la complice de pareille barbarie en acceptant le contrôle d'expériences ou la rédaction de rapports sur des projectiles incendiaires. Durant des semaines, on s'entêta dans « les traditions qui sont l'honneur de la France », et nos gouvernants repoussèrent l'emploi de pareils moyens d'extermination. Allait-on, cependant, laisser périr nos soldats sous les atteintes atroces de l'asphyxie ou des lésions pulmonaires? Après un mois de tergiversations, la riposte fut enfin décidée, et nous savons comment nos chimistes nous ont donné le moyen de

retourner victorieusement contre le féroce adversaire les armes dont il s'était servi.

Dans cette abominable lutte, le labeur de l'homme de laboratoire a été digne de l'héroïsme de son frère, l'homme des tranchées. Mais, en aucun temps, la Science n'a produit de fruits plus amers. La puissance formidable échapperait-elle aux mains qui l'ont déchaînée, et l'humanité, frappée de stupeur comme l'apprenti sorcier de Gœthe, demeurerait-elle impuissante devant un secret trop tôt dévoilé?

Les mères ont maudit la science infernale rendant plus cruelle la guerre détestée. Hélas! nous ne pouvons faire qu'il n'y ait de tout dans la Science, du meilleur et du pire : à chacun de choisir selon sa conscience et le degré de sa moralité. L'Allemagne s'est plu à y rechercher l'arme qui lui assurerait la maîtrise du monde et qui, en attendant, créerait autour d'elle la solitude où régnerait sa paix, et la science allemande s'est faite la complice joyeuse de cette abomination. Tant il est vrai que l'étude des sciences, que n'éclaire pas la sereine lumière du droit et de l'humanité, ne fait que replonger l'homme dans la plus profonde barbarie!

Pendant ces temps de dures épreuves, la collaboration des hommes de science et des industriels a donné des résultats remarquables et parfois éclatants. Pour sceller cette alliance, l'Académie a résolu, l'an dernier, de créer une *Division des Applications de la science à l'industrie*.

En y appelant, au cours de cette année, les hommes qui ont le mieux réussi à mettre la science appliquée au service du pays, elle a voulu les placer au rang qu'ils méritent et leur susciter des imitateurs. Par cette innovation, qui répondait à un vœu général, elle n'a fait d'ailleurs que consacrer une tradition déjà lointaine, car, avec les savants de la Révolution et ceux du siècle dernier, elle avait exercé une influence des plus heureuses sur l'industrie française.

Messieurs, la guerre a profondément modifié pour l'avenir, aussi bien que pour le présent, les relations scientifiques internationales. Sans doute, l'homme de science digne de ce nom ne doit se désintéresser d'aucune des manifestations de la pensée qui se produisent à travers le monde, quels qu'en soient les auteurs, fussent-ils ses pires ennemis; mais il peut le faire sans prendre contact personnel avec ceux-ci. Cette opinion est unanime en France et elle a été partagée par nos confrères des pays qui ont combattu à nos côtés; c'est elle qui a déterminé les conférences académiques inter-

alliées, tenues successivement, l'an dernier à Londres et à Paris, puis, il y a quelques mois, à Bruxelles.

Le choix de la capitale de la Belgique libérée de l'étreinte teutonne pour le lieu de réunion de l'assemblée qui a définitivement fondé le Conseil international de recherches est significatif. A Bruxelles aussi a été fixé le siège social de ce Conseil, ayant pour objet de coordonner entre alliés toutes les recherches nécessitant une coopération internationale. Les statuts étant établis, les nations neutres ont été invitées à collaborer, si tel est leur désir, à cette œuvre dont resteront exclus les Allemands et leurs amis, jusqu'à ce qu'ils aient fourni à leurs vainqueurs les réparations légitimes et les garanties nécessaires.

Ce Conseil servira de lien à toute une série d'Unions internationales, correspondant aux diverses disciplines, et groupant elles-mêmes des Comités nationaux établis sur les mêmes principes directeurs.

Notre Académie, qui a beaucoup travaillé à l'établissement de cette puissante organisation, après avoir été à la peine, a été à l'honneur. Nos deux éminents Secrétaires perpétuels, MM. Émile Picard et A. Lacroix, ont été appelés successivement, à Paris, puis à Bruxelles, à la présidence de la Conférence des Académies interalliées; nombreux sont nos confrères que la confiance des représentants des pays alliés a mis à la tête du Conseil et des Unions internationales. Je suis certain qu'ils ne manqueront pas de donner une impulsion féconde à ces nouveaux organismes.

A peine les résultats de la réunion de Bruxelles étaient-ils connus qu'un groupement de membres de certaines Académies neutres a cru devoir nous exhorter à reprendre avec les savants allemands les relations d'avant-guerre. Sans nous arrêter à l'extrême faiblesse des raisons qu'ils invoquent, nous ne pouvons oublier le rôle indigne de ces savants couvrant de leur autorité la plus odieuse agression dont une nation ait été la victime. Ils se sont associés à trop de mensonges, quand ils ne les ont pas inspirés. C'est au nom de leur « kultur », en vertu de la prééminence divine qu'elle attribue au peuple allemand sur l'univers entier, qu'ont été commis tous les forfaits, toutes les atrocités dont l'Allemagne portera le poids devant l'histoire impartiale. Ces hommes n'ont voulu voir dans la science qu'un mal répandant la terreur et devant jeter les peuples affolés à genoux aux pieds de leurs soldats.

Que les neutres, dont l'incroyable indulgence s'attarde à nous demander l'oubli de maux qu'ils ne paraissent même pas soupçonner, veuillent bien lire les rapports sur les crimes qui ont déshonoré l'armée allemande;

chaque page y atteste la particulière infamie de ces intellectuels, gens à diplôme et à parchemin, officiers, médecins, allant bien au-delà de celle des hordes qu'ils commandaient. Ils nous diront alors si jamais la cruauté froide, calculée, systématique, a pu descendre à de pareils abîmes. Non, l'oubli ne saurait étendre la grisaille de son manteau sur de si abominables forfaits, qui resteront défendus de la prescription par tout ce dont la civilisation s'honore.

Nous ne parvenons pas à voir en quoi l'Allemagne d'aujourd'hui diffère de celle d'hier. C'est toujours la même fourberie, le même mépris insolent de la parole donnée, la même méconnaissance du droit, le même espoir dans le retour opportun de la force. Quand cette mentalité de sauvages aura changé, nous verrons ce que nous aurons à faire. Jusque-là nous dirons : nous ne connaissons pas ces hommes, nous ne voulons pas les connaître.

Espérons, Messieurs, qu'en revenant à ses fins bienfaisantes, la Science pourra aider le monde à se relever de ses ruines et préparer à la France, après tant de jours remplis d'horreur, des lendemains plus riants, vraiment dignes de sa victoire.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1919.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Goursat, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

On sait que divers nombres invariants se présentent dans la théorie des multiplicités algébriques. Leur détermination effective présente souvent de grandes difficultés. C'est à la recherche des plus importants de ces nombres, dont quelques-uns sont envisagés sous un point de vue nouveau, que se rapporte le mémoire envoyé par M. **Salomon Lefschetz**, professeur à l'Université de Kansas.

Un de ces nombres, désigné par ρ, s'est présenté à M. Picard dans l'étude des intégrales de différentielles totales de troisième espèce. M. Severi a ensuite indiqué une signification géométrique de ce nombre, en montrant que sur une surface algébrique on peut toujours fixer un nombre ρ de courbes algébriques, algébriquement indépendantes, telles que toute autre courbe tracée sur la surface dépende algébriquement des premières. M. Severi pose ensuite la notion de bases *minima;* le nombre de ces bases est $\rho + \sigma - 1$, σ étant un nouveau invariant. Ces nombres jouent un rôle important dans le travail de M. Lefschetz.

Dans une première partie, l'auteur démontre quelques propositions

générales. Une d'elles concerne le nombre ρ. La surface algébrique étant considérée comme une multiplicité réelle, les courbes algébriques tracées sur elle forment des cycles à deux dimensions. Or il se trouve que le nombre de tels cycles indépendants est précisément égal à ρ. Les périodes d'une intégrale double de première espèce par rapport à ces cycles sont évidemment nulles, et l'on peut établir que, inversement, tout cycle ayant cette propriété est lié aux précédents par une homologie. Incidemment une question se pose : peut-il exister pour une surface une intégrale double de première espèce dont toutes les périodes seraient nulles? la question reste sans réponse.

M. Lefschetz développe ensuite quelques considérations sur la notion de coefficient de torsion, introduite par Poincaré, dans l'*Analysis situs*, et sur les invariants qui peuvent s'en déduire, puis il applique les résultats généraux de cette première partie à quelques cas particuliers, dont le plus intéressant est le plan double. Des circonstances très variées, relativement à σ, ρ et autres invariants, peuvent se présenter suivant la courbe de ramification.

Il a été question seulement jusqu'ici de fonctions algébriques de deux variables indépendantes. La première partie se termine par l'étude des questions analogues dans le cas d'un plus grand nombre de variables indépendantes. Il y a à considérer alors une suite d'invariants. Des recherches avaient déjà été faites dans cette voie, notamment par l'auteur lui-même. Certaines parties de la théorie se généralisent facilement; pour d'autres, le nombre des variables indépendantes, par exemple, leur parité joue un rôle. Indiquons seulement ce résultat que le théorème précis, énoncé plus haut, rattachant la recherche du nombre ρ à celle de certains cycles est remplacé seulement par une inégalité, quand le nombre des variables est supérieur à *deux*.

C'est aux variétés abéliennes que sont surtout consacrées les autres parties du Mémoire. Dans le cas de deux variables, ces variétés ont fait l'objet de nombreuses recherches, particulièrement de la part de M. Humbert dans ses beaux travaux sur les fonctions abéliennes singulières. Prenant le cas d'un nombre quelconque de variables, il y a lieu d'envisager un nombre k, représentant le degré de singularité, très facilement lié au nombre de certaines relations arithmétiques entre les périodes. Pour deux variables, on a $\rho = 1 + k$, comme l'ont montré MM. Bagnera et de Franchise. Il semble tout d'abord que dans le cas général on ait seulement l'inégalité $\rho \leqq 1 + k$. L'égalité subsiste cependant dans tous les cas, comme

le montre M. Lefschetz, par une analyse délicate, où l'emploi d'une inégalité célèbre de Riemann dans la théorie des courbes algébriques le conduit à la relation $\rho \geqq 1 + k$, d'où se tire la conclusion indiquée. Vient ensuite l'étude des différents genres numériques. Pour donner des exemples particuliers, l'auteur examine divers cas étendus de multiplication complexe, en utilisant les nombreux travaux faits sur ce sujet par Frobenius et par MM. Scorza et Rosati.

Le Mémoire se termine par l'étude des invariants des variétés de Jacobi, se rapportant à des courbes algébriques de types simples, comme le suivant :

$$y^q = \Pi(x - a_i)^{\alpha_i}.$$

Elles sont pour l'auteur une occasion d'appliquer les remarques générales qu'il a faites au début.

En résumé, M. Lefschetz montre dans ce mémoire une connaissance approfondie des parties les plus délicates de la théorie des multiplicités algébriques, notamment en ce qui concerne l'*Analysis situs*. Dans ce domaine difficile, on doit attacher du prix à une étude aussi complète que possible de cas particuliers suffisamment étendus, étude souvent utile pour le développement ultérieur des théories générales; de plus, l'auteur fait preuve d'une grande ingéniosité dans les détails de ses analyses.

La Commission propose de décerner le prix Bordin à M. **Salomon Lefschetz**, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur de mathématiques à l'Université de Kansas.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Goursat, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Giraud**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les fonctions automorphes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Kœnigs, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

M. **Albert Herdner**, actuellement président de la Société des ingénieurs civils de France et ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer du Midi, a pris une part active aux progrès réalisés depuis quarante ans dans la construction et le fonctionnement des locomotives, notamment en ce qui concerne la réduction des perturbations dues aux forces d'inertie, le démarrage des locomotives compound, l'emploi de la surchauffe et de la contre-vapeur, etc. Il est en outre l'auteur de nombreuses publications, concernant également les locomotives, où les questions sont traitées d'une façon vraiment scientifique.

La Commission propose d'attribuer à M. **Herdner** le prix Montyon de Mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin ; Boussinesq, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le général **Prosper Charbonnier**, inspecteur général de l'Artillerie navale, pour l'ensemble de ses travaux de balistique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Deslandres, rapporteur.)

A l'unanimité, M. **Vesto Melvin Slipher** est présenté par la Commission.

Il a fait toute sa carrière d'astronome à l'Observatoire Lowell, à Flagstaff, province de l'Arizona, aux États-Unis, et en est le directeur depuis deux ans. L'Observatoire, fondé par le regretté Percival Lowell, est peut-être, de tous les observatoires actuels, celui qui offre les conditions les meilleures pour l'étude du ciel. Il est situé loin des villes, au milieu du grand désert de l'Arizona, à 2200^{m} d'altitude; les astronomes attachés à ce lieu désertique ont nécessairement une grande abnégation et une réelle vocation pour la science.

M. Slipher a poursuivi avec le plus grand succès l'étude spectrale des astres, et en particulier des planètes et des nébuleuses.

Il a reconnu la présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de la planète Mars. Le spectre de la planète est juxtaposé sur la même plaque au spectre de la Lune, qui est plus basse sur l'horizon, et la bande caractéristique de la vapeur d'eau est notablement plus forte dans la planète.

Il a déterminé le sens et la durée de rotation, jusqu'alors inconnus, de la planète Uranus. Le sens a été trouvé rétrograde; et la durée de rotation est relativement courte, seulement 10 heures 42 minutes.

Les résultats sur les nébuleuses spirales sont de première valeur. Les spectres de ces astres sont très faibles; ils exigent, pour être photographiés, un ciel très pur et de longues poses poursuivies pendant plusieurs nuits consécutives. Or les premières épreuves ont montré des vitesses radiales considérables, très supérieures à celles des étoiles [1].

---

[1] La vitesse radiale des étoiles est, comme on sait, dans la très grande majorité des cas, inférieure à 35^{km} par seconde.

Les vitesses d'éloignement et de rapprochement par rapport à la Terre varient de 300^{km} à 1200^{km} par seconde, la moyenne étant environ de 500^{km}. Peu après, M. Slipher annonce dans plusieurs nébuleuses une rotation intérieure qui est notable et a lieu dans le sens des spires.

Récemment, la recherche a été étendue aux amas d'étoiles, qui ont donné une vitesse radiale moyenne de 150^{km} par seconde.

Ces dernières découvertes, dues en grande partie à M. **Slipher**, sont parmi les plus importantes de l'Astronomie physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Hamy, rapporteur.)

M. **Félix Boquet** est entré à l'Observatoire de Paris, en 1881. Élève de l'École d'Astronomie qui venait d'être fondée par l'amiral Mouchez, pour peupler les observatoires français de jeunes astronomes apportant avec eux des connaissances solides, il consacra d'abord deux années à explorer le champ de l'Astronomie pratique, considérée dans toutes ses branches, tout en s'initiant aux théories de la Mécanique céleste, enseignées à la Sorbonne par Victor Puiseux, puis par Tisserand.

Définitivement attaché à l'Observatoire dès 1884, peu après docteur ès sciences, il s'occupa tout particulièrement des calculs astronomiques et fut chargé de surveiller les travaux de vérification des observations méridiennes. Durant sept années, il fut la cheville ouvrière de cet important service dont la fonction est d'éprouver scrupuleusement les matériaux destinés à enrichir les publications de l'Observatoire de Paris.

Aujourd'hui, astronome titulaire, M. Boquet dirige les travaux en cours au grand cercle méridien, après avoir réalisé pour sa part plus de trente mille observations, fournissant la matière de trois volumes in-4° des *Annales de l'Observatoire*.

Son activité, dépensée au profit de notre grand établissement astronomique, ne s'est du reste pas manifestée uniquement par sa participation à la détermination des coordonnées des astres. Encore s'est-il spécialisé dans les mesures minutieuses ayant pour objet la découverte des erreurs systématiques d'ordre instrumental, écueil le plus dangereux des recherches de précision. Grâce à son initiative, des progrès sensibles ont

été réalisés, sous ce rapport, notamment en ce qui concerne l'évaluation des effets de flexion des instruments, contre lesquels les astronomes n'ont jamais cessé de lutter. Par ses travaux sur les chronographes imprimants et sur l'équation décimale de Peirce, relative à la tendance, chez tous les observateurs, à apprécier plus facilement certains dixièmes, au détriment des autres, quand il s'agit d'estimer à simple vue la position d'un point compris entre deux repères; par ses leçons professées devant les élèves astronomes venus de province et de l'étranger à l'Observatoire de Paris, pour se former à la pratique de l'Astronomie, leçons résumées aujourd'hui dans un Livre qui a partout reçu un accueil favorable, M. Boquet a encore contribué au développement des observations de précision, en France et dans d'autres pays.

Je dois ajouter que, comme chef du service de la distribution de l'heure, dirigé autrefois par notre regretté confrère Wolf et rattaché maintenant au service méridien, M. Boquet, tout en assurant la synchronisation des horloges, à l'intérieur de l'Observatoire et en ville, avait organisé, d'accord avec M. le commandant Ferrié, aujourd'hui général, l'installation horaire primitive, appropriée à l'émission radiotélégraphique des signaux destinés à faire connaître, au loin, sur la surface des mers, le temps du méridien origine, à un instant donné.

Dans un autre ordre d'idées, M. Boquet est l'auteur d'un travail considérable, appartenant au domaine de la Mécanique céleste. Les planètes décriraient éternellement des ellipses immuables autour du Soleil, si leurs attractions mutuelles ne venaient les faire sortir à tout moment de la route que leur assignent les lois de Képler. Le calcul des dérangements qu'elles éprouvent, par rapport à ces trajectoires si simples, se ramène, au point de vue analytique, à celui du développement en série d'une fonction extrêmement complexe des élements caractérisant les orbites képlériennes que l'on aurait à considérer si le Soleil agissait seul, comme foyer d'attraction, à une époque déterminée. Le développement de cette fonction, dite *fonction perturbatrice*, obtenu par Le Verrier jusqu'aux termes du septième ordre par rapport aux excentricités et aux inclinaisons des orbites, lui a permis d'édifier les théories des mouvements des grosses planètes avec un degré d'approximation suffisant, pour les besoins de l'Astronomie, en prenant comme point de départ la méthode de la variation des constantes arbitraires de Lagrange. M. Boquet, ayant en vue l'application de la même méthode à certains astéroïdes, n'a pas reculé devant le travail écrasant à entreprendre, pour pousser le développement jusqu'aux termes du huitième

ordre. Il a consacré près de trois ans à l'élaboration de ses calculs dont il a eu la satisfaction de voir les résultats plusieurs fois utilisés par des savants étrangers. Il les a du reste appliqués lui-même à la vérification de certains termes adoptés par Le Verrier dans ses recherches, termes dont les valeurs avaient été obtenues par des procédés expéditifs laissant prise à la critique.

En résumé, M. **Félix Boquet** a déjà consacré 38 années à des travaux utiles, appréciés des hommes compétents, travaux exposés dans de nombreuses publications dont quelques-unes se rattachent à l'histoire de la science. Cet ensemble de recherches a paru assez considérable à la section d'Astronomie, lors de ses deux dernières élections, pour placer l'auteur sur la liste de ses candidats. Aujourd'hui, la Commission nommée par l'Académie propose de lui décerner le prix Valz.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERRE GUZMAN.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; P. Puiseux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix, pour l'année 1919, à M. **Arthur Stanley Eddington**, professeur à l'Université de Cambridge, Angleterre.

Pendant deux siècles, les recherches de Mécanique céleste ont été dirigées à peu près exclusivement dans deux voies ouvertes avec éclat par Newton. Ou bien l'on considère un corps attiré par un astre de masse prépondérante, et l'on examine comment le mouvement káplérien est modifié par l'intervention d'un troisième corps éloigné. Ou bien l'on imagine un sphéroïde invariable tournant autour d'un axe qui coïncide à peu près avec un axe principal d'inertie, et l'on recherche quelles excursions accomplira l'axe de rotation sous l'influence d'une attraction étrangère.

Dans les deux cas, la seule force dont il y ait lieu de tenir compte est la gravitation universelle, et l'état physique des corps qui s'attirent n'est pas pris en considération.

Malgré ces restrictions, les recherches auxquelles nous faisons allusion ont été poursuivies avec un brillant succès et ont trouvé dans l'observation des mouvements célestes des confirmations aussi nombreuses que précises; mais, dans ces dernières années, les abondantes données statistiques recueillies par l'observation des étoiles ont montré la nécessité d'une orientation nouvelle à donner aux recherches mathématiques.

Les étoiles sont innombrables, dispersées dans un espace immense, animées de mouvements indépendants. Aucun corps, dans le monde sidéral, ne semble devoir être regardé comme prépondérant; il est donc probable que les lois de Képler ne fourniraient pas, pour les trajectoires, même une grossière approximation.

La photographie et la spectroscopie s'accordent à dénoncer chez beaucoup d'étoiles des variations périodiques très rapides de l'éclat et de la vitesse. Il est évident que ces foyers très puissants ne peuvent pas être considérés comme des sphéroïdes invariables et que l'attraction universelle s'y trouve en lutte avec d'autres forces toutes différentes et non moins intenses.

Depuis quelques années, M. Eddington s'est adonné avec un succès remarquable à l'élucidation des problèmes mathématiques qui sont suggérés par ces deux ordres de phénomènes.

En ce qui concerne les mouvements propres des étoiles brillantes, il est reconnu qu'ils peuvent se résumer en deux courants principaux, caractérisés chacun par une direction et une vitesse. Ce fait remarquable avait été annoncé en 1910 par M. J. C. Kapteyn. M. Eddington a confirmé cette découverte par des méthodes variées et en a développé les conséquences. Il y a lieu de penser que ces deux courants doivent tendre à se disperser et à se confondre dans la suite des âges. Effectivement, il a été reconnu que les courants stellaires, pour les types spectraux avancés, sont plus dispersés que pour les types jeunes, et il a été prouvé que la vitesse augmente en moyenne quand l'éclat absolu diminue. On doit donc se demander si le fait des deux courants constitue un état permanent, ou s'il doit faire place à une mêlée confuse comme celle des molécules dans une masse gazeuse en équilibre apparent.

Les méthodes de Newton et de ses successeurs ne suffisent plus pour aborder le problème; il faut recourir à la dynamique des milieux continus et suivre la voie ouverte par les travaux de Lagrange et de Stokes.

M. Eddington a montré que ce problème difficile est accessible au calcul, quand on considère les étoiles comme formant un système fini, en état permanent, sans qu'il soit nécessaire de supposer que le système possède une symétrie globulaire. A la vérité, il semble indispensable, pour conduire l'analyse jusqu'à son terme, de posséder des renseignements statistiques encore plus complets au sujet des mouvements stellaires, mais on peut espérer que la tâche ne sera pas au-dessus du zèle des observateurs. Déjà les données recueillies apportent aux calculs de M. Eddington des confirmations précieuses.

Un autre ordre de recherches, poursuivi avec un égal succès par l'éminent professeur de Cambridge, se rapporte aux étoiles affectées de fortes variations à courte période. Pendant longtemps, ces fluctuations ont paru pouvoir s'expliquer par les éclipses mutuelles de deux corps voisins; mais, en présence des faits recueillis dans ces dernières années, cette explication perd de plus en plus de terrain. M. Eddington a développé une théorie toute différente; pour lui, l'astre variable est unique, mais animé de pulsations rapides qui affectent, dans une large mesure, la température et le volume. Ces étoiles, connues sous le nom de *Céphéides*, sont beaucoup moins denses que le Soleil. La pesanteur y est combattue efficacement, même dans les parties profondes, par la pression de radiation. Mais cet état de choses ne persiste pas indéfiniment; avec le temps, l'étoile se contracte, sa température passe par un maximum, la pesanteur acquiert une prédominance décidée sur la pression de radiation, il y a diminution progressive de la température et de la masse et, en moyenne, augmentation de la vitesse. L'analyse de M. Eddington rend compte de la plupart des corrélations constatées entre les caractères des étoiles; elle fait comprendre aussi pourquoi l'échelle des masses est beaucoup moins étendue que celle des éclats apparents. Un lambeau de nébuleuse a peu de chance de se constituer à l'état isolé, si sa masse n'est pas au moins un dixième de celle du Soleil; il y a peu d'apparence qu'il évite de se fragmenter, si sa masse vaut 40 fois ou plus celle du Soleil; il ne saurait acquérir une incandescence très vive et rentrer dans la classe spectrale B, si sa masse n'est pas au moins double de celle du Soleil.

Le temps exigé par une telle évolution peut être calculé, si l'on se donne le degré d'opacité de l'étoile et son poids atomique moyen. Les chiffres admis par M. Eddington peuvent sembler un peu arbitraires, mais ils trouvent un contrôle dans l'accord de leurs conséquences avec l'observation. Ces travaux, dont nous n'avons pu donner ici qu'une idée très sommaire, ont

suscité un vif mouvement d'idées, dont témoignent, par exemple, les récentes et remarquables études de MM. Jeans et Shapley Harlow. Il n'est point exagéré de dire que nous voyons se développer une mécanique céleste nouvelle, aussi assurée de ses méthodes que l'ancienne, avec un champ d'applications plus vaste et plus varié que le système solaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Guignard, le prince Bonaparte; Edmond Perrier, rapporteur.)

Le sujet mis au concours pour le prix Gay de 1919 était une Étude sur la géographie de l'Afrique du Nord et principalement de la Mauritanie.

Les travaux présentés par M. **René Chudeau**, explorateur chargé de missions en Afrique occidentale, répondent exactement au sujet proposé. De 1905 à 1914, M. Chudeau n'a cessé de parcourir l'Afrique, d'Alger au lac Tchad, du lac Tchad à Konakry, Dakar, Port-Étienne; il a suivi le cours du Niger de Niamey à Saint-Louis; de 1905 à 1906, il avait regagné Alger par Agadir, Cumissao, Ouallen, Adrar, El Golea, Lagouat; de 1910 à 1911, il avait suivi une direction analogue en remontant d'Ansongo, à In Guezzam, Aukum, Touat, Colomb Bechar, Aïn Sefra et Oran. Dans l'intervalle, il avait, en 1908, longé toute la côte de Saint-Louis à Port-Étienne; en 1909, exploré la région de Dyenné à Tombouctou et à Aarouan. En 1912, il revenait à Port-Étienne et parcourait un arc passant par Zoug, El Moenam, Boghé et Saint-Louis; enfin, en 1913-1914, il revenait dans la région de Tombouctou et d'Aarouan, mais cette fois poussait jusqu'à Kedel, In Echaï, El Gattara et Taodemie. Dans ces campagnes, M. Chudeau a souvent parcouru des régions inexplorées, exécuté des levés nombreux qui ont été utilisés pour dresser les

cartes du Sahara par le Service géographique de l'Armée ou par la Mission des Chemins de fer Transafricains, et mesuré de nombreuses altitudes. La géologie des régions qu'il a parcourues a été étudiée avec un soin tout particulier, il a reconnu sur de vastes surfaces les terrains cristallins et cristallophylliens, rencontré de l'Aagar jusqu'à l'Ahnet une large bande de terrains dévonien fossilifère et, par places, du terrain carbonifère, formé surtout de calcaire et d'argile. Tout le Sahara est demeuré ensuite émergé jusqu'à la période infra-crétacée. C'est là un ensemble de travaux d'un haut intérêt. M. **René Chudeau** les a complétés par une étude des dunes de formation actuelle; il a recueilli d'intéressantes données sur le climatologie et a été conduit à des vues nouvelles sur les causes de la stérilité du désert saharien. Chemin faisant, il a recueilli de nombreuses collections botaniques et zoologiques qui sont actuellement à l'étude et complètent l'œuvre si méritoire pour laquelle la Commission propose de lui attribuer le prix Gay.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard; le Prince Bonaparte, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation Tchihatchef, en prix, à M. **E. C. Abendanon**, ancien ingénieur des mines aux Indes néerlandaises, pour son ouvrage intitulé : *Expédition de la Célèbes centrale. Voyages géologiques et géographiques à travers la Célèbes centrale* (1909-1910).

Plusieurs parties du vaste domaine néerlandais dans l'Insulinde sont encore peu connues à l'heure actuelle, au point de vue de l'histoire naturelle. C'est en particulier le cas pour l'île dite de *Célèbes* dont la superficie est d'environ 128000$^{km^2}$ et la population de 415000 habitants. Ceux-ci, fort turbulents, sont gouvernés par des chefs féodaux contre lesquels il a fallu, à plusieurs reprises, faire de fortes expéditions militaires, par exemple celle dite de *Boni*. Depuis quelques années cependant le calme commence à régner et des campagnes scientifiques ont pu être organisées, telle celle des frères Sarasin. Depuis cette époque, M. Abendanon, ingénieur des mines des Pays-Bas, qui s'était tout particulièrement documenté

sur cette grande île, a eu l'idée d'y faire un voyage scientifique. Soutenu par la Société royale de Géographie des Pays-Bas et par le Ministère des Colonies, il a organisé une mission qui a exploré la partie centrale de l'île, c'est-à-dire la région située hors de ses quatre grandes presqu'îles.

Le séjour sur le terrain, 1909 à 1910, a duré 207 jours. Les explorateurs ont fait 2000^{km} à pied, dont 350^{km} dans les plaines du littoral; 200^{km} à cheval dans ces mêmes plaines et 1200^{km} en canots sur les lacs et rivières. En vue de donner une idée du relief extraordinairement accidenté du pays je dirai que la hauteur totale des ascensions effectuées s'élève à 80000^{m} comptés verticalement; les descentes comportant le même total.

M. Abendanon était accompagné d'un topographe du Service topographique des Indes néerlandaises, le sergent-major Lefèvre; du médecin indigène Raden Mas Amad et du sergent de gendarmerie A. Raven. Vu la brièveté du séjour, il ne pouvait être question de se livrer à un travail de détails et les explorations ne pouvaient être que des reconnaissances. Le pays parcouru étant en partie dépourvu de bois et par suite très découvert, il fut possible de faire connaître non seulement les itinéraires, mais aussi des bandes de territoires de plusieurs kilomètres de largeur, voire même des régions d'une superficie étendue.

L'ouvrage se termine par une étude fort complète de la cartographie de l'île depuis sa découverte jusqu'à nos jours. L'attention a été surtout concentrée sur la constitution du sol et la morphologie du terrain. On faisait ainsi marcher de pair la géographie et la géologie.

Le soulèvement de Célèbes jusqu'à son niveau actuel, dit M. Abendanon, est un événement géologique récent qui a provoqué beaucoup de dislocations et de fossés circulaires dans la croûte terrestre supérieure.

La mission s'est occupée de paléontologie, de pétrographie, de l'histoire du système tectonique actuel, de l'usure progressive des formations tectoniques et enfin des questions de géographie actuelle.

Les collections rapportées ont été étudiées au retour par des spécialistes en botanique, en zoologie, en géologie et en minéralogie. Notre confrère M. Douvillé, ainsi que M. Dollfus, ont étudié une partie des matériaux paléontologiques.

Le récit de voyage et les résultats de ces études sont contenus dans un magnifique ouvrage luxueusement illustré; les trois volumes qui le composent contiennent 21 photogravures, 305 autotypies et 140 figures dans le texte. Le texte original néerlandais a été traduit en français par le commandant du génie belge Ch. Piérard. L'atlas in-folio qui accompagne cet

Ouvrage comprend 13 cartes au $\frac{1}{100\,000}$ avec teintes géologiques conventionnelles le long des itinéraires et des courbes de niveau dans les lacs. Il y a en outre trois planches de panoramas et de coupes. A signaler en particulier le panorama du Boeloe Palakka dont l'altitude est de 3320^{m}.

Cette mission fait grand honneur à **M. E. C. Abendanon** qui l'a organisée et dirigée et c'est pourquoi la Commission propose de lui attribuer le prix Tchihatchef.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS,

DESTINÉ A RÉCOMPENSER TOUT PROGRÈS DE NATURE A ACCROÎTRE L'EFFICACITÉ DE NOS FORCES NAVALES.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Kœnigs, Favé; Bertin et Bourgeois, rapporteurs.)

La Commission propose de partager le prix entre :

M. **Yves Le Prieur**, lieutenant de vaisseau, pour ses appareils de conduite de tir, ses correcteurs automatiques pour le duel aérien, la guerre sous-marine, etc.,

et M. **Georges Sugot**, ingénieur principal de l'artillerie navale, à Lorient, pour ses travaux de balistique.

Rapport de M. Bertin *sur les appareils de M.* **Yves Le Prieur**.

M. **Yves Le Prieur**, lieutenant de vaisseau, attaché à la maison Breguet, à Paris, est l'inventeur d'un nombre considérable d'appareils dont plusieurs ont été employés avec succès par la marine française pendant la guerre. Il s'agit surtout d'appareils de conduite de tir, de correcteurs automatiques pour le duel aérien et la guerre sous-marine, d'engins spéciaux de destruction de l'aéronautique ennemie, etc.

L'ingéniosité de ces inventions et les services qu'elles ont rendus justifient largement la proposition que la Commission fait à l'Académie d'attribuer à M. **Yves Le Prieur**, la moitié du prix de six mille francs du budget de la marine.

Rapport de M. le général Bourgeois *sur le cours de balistique de M.* **Sugot.**

M. **Georges Sugot**, ingénieur principal de l'artillerie navale, a soumis au jugement de l'Académie le cours de Balistique qu'il professe à l'École d'application d'Artillerie navale. Ce cours comprend quatre parties : Balistique intérieure théorique, Balistique extérieure théorique, Balistique appliquée et tables numériques.

Dans la première partie, M. Sugot développe la théorie de balistique intérieure dont M. l'ingénieur général Charbonnier avait jeté les bases en 1907 et que l'auteur lui-même avait améliorée et appliquée aux poudres colloïdales françaises dans un important Mémoire publié en 1913 et couronné en 1917 par l'Académie. Le présent travail pousse plus loin l'étude détaillée du mouvement du projectile dans l'âme au moyen de la méthode suivante :

M. Sugot considère comme un problème fondamental, parce qu'on peut le traiter complètement par l'analyse, celui du tir dans un canon sans forcement d'une charge à combustion constante dont la vitesse de combustion serait exactement proportionnelle à la pression et qui dégagerait des gaz dont la force (au sens de Sarrau) et le rapport des chaleurs spécifiques seraient des constantes et dont le covolume serait constant et égal à l'inverse de la densité de la poudre.

Grâce à cette dernière restriction, à une telle charge s'appliquent précisément les lois simples du mouvement que l'auteur avait prises, dans son mémoire de 1913, comme solution principale. Ajoutons, pour être complet, qu'on admet encore, dans ce problème fondamental, la constance des coefficients de Piobert et du facteur de multiplication des pressions manométriques.

Supposons qu'on applique une telle solution numérique à des données expérimentales : on pourra se rapprocher des résultats en demandant un des paramètres à l'expérience elle-même ; pour ce paramètre, M. Sugot choisit, avec tous les balisticiens français, la vivacité, et alors, revenant à l'étude théorique du problème général, il raisonne comme suit :

Quand une seule propriété du fonctionnement de la poudre au tir diffère de celle qui est à la base du problème fondamental, on peut déterminer une valeur de la vivacité telle que la solution de ce problème fondamental et celle du problème actuel donnent la même valeur du maximum de pression; elles donneront, dès lors, deux valeurs différentes de la vitesse initiale, dont l'écart mesurera l'influence de la perturbation envisagée. Méthode très rationnelle qui se rattache directement à la pure méthode classique de la mécanique céleste; méthode qui satisfait l'esprit parce qu'elle démontre clairement le mécanisme des phénomènes; méthode avantageuse au point de vue pratique par l'évaluation précise et individuelle de chaque perturbation.

Après cette large enquête dans tout le domaine de la balistique intérieure, M. Sugot reproduit la solution formelle du problème général — amélioration elle-même de la solution de M. Charbonnier — qu'il a déjà donnée dons son Mémoire de 1913 et enfin la solution numérique du cas particulier des poudres françaises telle qu'il l'avait établie dans ce même Mémoire et dans le travail complémentaire de 1914.

La deuxième partie du cours de Balistique qui traite de la balistique extérieure théorique constitue une bonne mise au point de cette branche de la science de l'artillerie à laquelle l'auteur avait apporté sa contribution en la dotant, en 1916, de la méthode des vitesses fictives. Toujours soucieux des progrès ultérieurs, M. Sugot a terminé son exposé, en guise de conclusion, par une étude fort instructive : c'est celle de la répercussion sur le coefficient balistique — c'est-à-dire sur le paramètre dont on joue pour faire cadrer avec l'expérience les lois mathématiques du mouvement — des erreurs commises dans l'état actuel de nos connaissances, d'une part sur la loi de variation de la densité de l'air avec l'altitude, d'autre part sur la loi de variation de la résistance de l'air avec la vitesse du mobile.

La quatrième partie met à la disposition des ingénieurs un « outillage numérique » très riche et la troisième partie (Balistique appliquée) montre tout le parti que peut en tirer un technicien expérimenté.

Ces travaux ont été largement mis à contribution par les balisticiens pendant la guerre, et la Commission propose l'attribution de la moitié du prix de six mille francs du budget de la Marine à M. l'ingénieur **Georges Sugot.**

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Favé; Bertin, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de partager le prix comme il suit :

1500fr à M. **Georges Raclot**, ingénieur en chef du génie maritime, à Brest, pour ses recherches expérimentales sur la flexion longitudinale des navires;

1500fr à M. **Maurice Poincet**, ingénieur principal du génie maritime, professeur à l'École d'application du génie maritime, à Paris, pour son étude théorique et ses recherches expérimentales sur les aubages de turbines;

1000fr à M. **Alfred Schwartz**, ingénieur en chef du génie maritime, à Lorient, pour l'ensemble de ses travaux et notamment sa méthode de mesure du cercle de giration des canots.

M. **Georges Raclot**, ingénieur en chef de la marine, à Brest, a abordé l'étude d'une des plus intéressantes questions de l'architecture navale, celle des efforts auxquels les éléments de la charpente des navires sont soumis par suite de la flexion longitudinale de la coque.

Le sujet est traité expérimentalement. Un appareil amplificateur des allongements et des raccourcissements fournit les modifications de la longueur d'une portion d'une pièce de charpente. La charge se déduit du changement de longueur.

Les premières expériences ont été faites sur les coques pendant le lancement; elles ont donné des résultats intéressants.

Il est à prévoir que l'application ultérieure des appareils Raclot sur les navires en cours de route, dans les grands tangages, mer debout, conduiront à des conséquences pratiques de haute importance.

M. **Maurice Poincet**, ingénieur principal du génie maritime, professeur à l'École d'application du génie maritime, à Paris, dont les travaux ont déjà obtenu les récompenses de l'Académie, a porté cette fois ses recherches sur les aubages des turbines à vapeur, leur distribution, leur forme et en particulier leurs angles d'attaque. L'analyse très serrée à laquelle il a soumis les mouvements de la vapeur l'a conduit à des conclusions précises, formules algébriques et tableaux calculés en vue de l'utilisation pratique.

M. **Alfred Schwartz**, ingénieur en chef de la marine, à Lorient, qui a présenté à diverses reprises ses travaux relatifs aux embarcations à vapeur dont il a dessiné et fait construire plusieurs modèles, ajoute cette année un Mémoire relatif à la solution d'un problème intéressant.

La méthode usitée pour mesurer le cercle de giration des navires proprement dits n'est pas applicable aux canots. M. Schwartz propose de prendre la photographie elliptique de leur sillage à l'aide d'un appareil installé sur la côte. Le grand axe de l'ellipse représente le diamètre du cercle cherché à une échelle que fournit la photographie du navire lui-même.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer ce prix à M. **Marius Latour**, ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

M. Marius Latour est un des plus brillants ingénieurs de la génération qui approche aujourd'hui de la cinquantaine. Il se distingue par une imagination créatrice très développée et par une remarquable ingéniosité dans la réalisation.

Dès sa sortie de l'École supérieure d'Électricité, il se signala par un ensemble d'inventions fort originales relatives aux machines à collecteur pour courants alternatifs.

Il reconnut en 1901 l'existence d'un champ tournant dans le moteur à répulsion lorsqu'il est construit avec un stator de moteur d'induction, et démontra que cette particularité assurait au moteur à répulsion un bon fonctionnement au point de vue de la commutation dans les environs du synchronisme. L'importance de cette remarque a été telle qu'elle a décidé de l'avenir industriel du moteur à répulsion qui, avant les théories de

M. Latour, était presque abandonné. Il est aujourd'hui construit par milliers d'exemplaires dans tous les pays.

M. Latour inventa en outre le type de moteur perfectionné qu'il a désigné sous le nom de *moteur à répulsion compensé* et qui jouit de la propriété d'avoir un facteur élevé ou même de fournir de la puissance réactive, Ce type de moteur a été étudié et construit jusqu'aux puissances les plus élevées par M. Latour et par les sociétés françaises et étrangères concessionnaires de ses brevets.

M. Latour a ensuite indiqué en 1904 le dispositif le plus efficace pour supprimer les étincelles dans le moteur série à collecteur pour courant monophasé, dispositif qui consiste à développer au-dessus des sections en court circuit un champ de commutation déphasé par rapport au champ principal du moteur. Ce dispositif a été employé industriellement sur une grande échelle, notamment dans les installations de traction par courant monophasé, en Suède, en Suisse, en Allemagne, en Autriche, en Amérique et en France.

M. Latour a réalisé également des machines à collecteur polyphasées en utilisant la multiplication des phases pour l'alimentation du rotor et différents montages brevetés de 1901 à 1910 qui sont en service courant en France et à l'étranger.

En 1905, il a imaginé un système de compoundage des alternateurs avec commutatrice à réaction d'induit compensé qui a fait l'objet de nombreuses applications et il a proposé des dispositions originales pour régler la vitesse des moteurs d'induction et en améliorer le facteur de puissance.

Toute cette série de découvertes forme un ensemble remarquable, appuyé sur des considérations générales, dont M. Latour a fait l'exposé sous les titres : *Quelques théorèmes généraux relatifs à l'Électrotechnique* et *Sur la théorie générale de la commutation.*

D'autres notes non moins suggestives et qui dénotent une méthode scientifique excellente ont été publiées par le même auteur sur les pertes électromagnétiques dans les appareils à fer, sur la conservation de la puissance réactive, etc.

Plus récemment, il a réalisé avec la collaboration des ingénieurs de la Société française Radio-Électrique de nouveaux types de machines à haute fréquence pour l'alimentation directe des antennes de télégraphie sans fil. Une de ces machines en particulier fournit déjà une puissance de 220 kilowatts à 20000 périodes au poste de Lyon et doit représenter la machine la plus puissante en fonctionnement dans le monde à ce jour.

M. Latour a en outre étudié les rampes amplificatrices du type Audion et publié en 1916 (*Electrician*, de Londres) la théorie aujourd'hui classique de ces lampes ou tubes à vide à trois électrodes. Il a construit avec ces lampes ou tubes à vide différents modèles d'amplificateurs qui ont été reproduits à un très grand nombre d'exemplaires pendant la guerre par l'armée française et les armées alliées.

Enfin, il a établi un modèle d'amplificateur téléphonique qui a été adopté par l'Administration française des Postes, Télégraphes et Téléphones.

En résumé, M. **Latour** s'est distingué par des contributions nouvelles importantes, dans le domaine de l'électrotechnique théorique comme dans celui des applications; son nom est attaché à des découvertes marquantes relatives aux moteurs à collecteurs, à la traction électrique, à la télégraphie et à la téléphonie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Emile Brylinski**, ingénieur-conseil de la Société « Le Triphasé (Nord-Lumière) ».

Les recherches de M. Brylinski se sont déroulées depuis une trentaine d'années dans le domaine de l'électricité tant théorique qu'appliquée. Après avoir, comme ingénieur des télégraphes, posé ou vérifié plusieurs des câbles sous-marins français, soit en Méditerranée, soit dans nos colonies de l'Afrique et de l'Océanie, il entra dans une de nos grandes sociétés de production et distribution d'énergie électrique. Ainsi il se trouva naturellement conduit à aborder les principaux problèmes relatifs à la propagation des courants, posés au cours du dernier quart de siècle, par le développement si rapide des applications de l'électricité. Armé d'un bagage scientifique très étendu, pourvu d'un esprit d'observation pénétrant, éclairé par un jugement sagace qui lui a constamment permis, dans des phénomènes souvent complexes, de distinguer avec sûreté les facteurs essentiels, M. Brylinski était destiné à obtenir sur la voie qu'il a parcouru de brillants succès.

Ses premiers travaux portèrent en 1888 sur certaines anomalies des

appareils télégraphiques et téléphoniques : il sut en trouver la cause dans la capacité électrostatique des boîtes de résistance employées à cette époque.

Il résolut ensuite un problème particulièrement important au moment où naissait la téléphonie à longue distance : celui qui consistait à étendre au cas d'une force électromotrice périodique la théorie de la propagation du courant sur une ligne électrique en court circuit à l'arrivée; théorie que Vaschy venait de donner, pour le cas d'une force électromotrice constante.

Dans le même ordre d'idées, il aborda, puis développa au cours de nombreux Mémoires, l'étude des modifications que subissent la résistance et la self-induction des conducteurs cylindriques parcourus par des courants variables : ces deux éléments qui interviennent d'une manière prépondérante dans les transmissions téléphoniques à longue distance varient avec la fréquence, en sorte que cet effet influe sur la conservation du timbre de la voix humaine.

Le rôle de ce phénomène n'est pas moindre pour les courants alternatifs industriels que pour les lignes téléphoniques; M. Brylinski étendit successivement son examen au cas des courants périodiques amortis, puis au cas des conducteurs en fer doués d'hystérésis : ce dernier cas se présente dans la traction électrique par courants alternatifs.

L'importante question du retour du courant par le sol se posa ensuite devant M. Brylinski; dans ce domaine si vaste et si complexe, qui a retenu l'attention de tant de chercheurs, il a su marquer sa trace par la création de nouvelles méthodes d'essais et le perfectionnement d'appareils de mesures.

Plus récemment, des accidents répétés provenant des ruptures d'isolants de certains câbles souterrains observés dans plusieurs réseaux de distribution, l'amenèrent à une étude approfondie des résonances et de la propagation du courant sur une ligne isolée à son extrémité, dans les deux cas d'une force électromotrice soit constante, soit périodique.

Enfin, il convient de rappeler divers mémoires purement théoriques, où M. Brylinski a abordé avec beaucoup de pénétration l'examen des systèmes d'unités électriques.

L'ensemble de ces travaux, poursuivis avec une méthode scientifique rigoureuse et une appréciation très sûre des besoins de la pratique industrielle, a classé M. **Brylinski** comme un savant éminent doublé d'un technicien hors de pair.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Raymond Jouaust**, chef des travaux au Laboratoire central d'Électricité.

M. Jouaust s'est fait remarquer depuis une quinzaine d'années par son habileté expérimentale dans l'investigation des phénomènes magnétiques. Ses recherches ont fourni aux ingénieurs constructeurs des renseignements importants sur les propriétés des matériaux qu'ils sont appelés à employer et ont permis de perfectionner les méthodes de mesure.

Le premier Mémoire de M. Jouaust, publié en 1904 dans le Recueil des travaux du Laboratoire central d'Électricité, a trait aux phénomènes de viscosité magnétique. L'auteur a reconnu que l'effet Wiedemann présente de l'hystérésis et donne lieu à des cycles différents pour le fer, le nickel et les aciers au nickel. Ses observations sur la viscosité magnétique dans les aciers doux industriels lui ont permis, après avoir comparé les méthodes de mesure de Rowland et d'Ewing, d'indiquer une méthode encore plus correcte.

De 1908 à 1915, M. Jouaust approfondit l'étude des propriétés magnétiques du fer par la méthode du wattmètre, notamment aux fréquences élevées de l'ordre de 150000. Il a montré que, dans ces conditions, les perméabilités apparentes se réduisaient à des ordres de grandeur de 15 à 60, et qu'en tenant compte des courants induits par les formules de Thomson ces chiffres seraient de 150 à 200.

M. Jouaust a réuni l'ensemble des données aujourd'hui acquises sur les propriétés des métaux magnétiques dans un excellent ouvrage *Le ferromagnétisme*, où les métallurgistes trouveront des renseignements sur les compositions chimiques et les traitements, les constructeurs de machines sur les données et les formules, les constructeurs d'appareils de mesure sur les matériaux à employer pour les aimants permanents.

A la suite d'une conférence tenue à Berlin entre les représentants des principaux laboratoires nationaux, il fut décidé d'entreprendre dans divers pays des recherches relatives aux unités électriques pour les examiner à la Conférence de Londres et établir un projet de législation à soumettre par les délégués à leurs gouvernements respectifs. M. Jouaust fut un des

savants français chargés de cette tâche. En collaboration avec MM. Janet et Laporte, il étudia notamment la construction de l'élément étalon au cadmium et la détermination de sa force électromotrice au moyen d'un électro-dynamomètre absolu.

En collaboration avec M. Laporte, M. Jouaust donna en 1906 une intéressante comparaison photométrique des principales sources lumineuses industrielles (lampes Hefner, Carcel et Vernon-Harcourt).

Les mesures de l'auteur sur les propriétés magnétiques du fer aux fréquences élevées avaient fait connaître la perméabilité du fer soumis à des oscillations *entretenues* d'un ordre de fréquence comparable à celui de la télégraphie sans fil, et permirent ainsi aux ingénieurs français d'établir les premiers projets d'alternateurs à haute fréquence.

Continuant ses recherches dans cette voie si intéressante, M. Jouaust donna en 1912 une étude sur la mesure des longueurs d'onde en télégraphie sans fil, et indiqua un procédé d'étalonnement des appareils qui fit disparaître les grands désaccords des auteurs précédents et assura une précision de 2 à 3 pour 100, très suffisante à cette époque.

Ajoutons enfin que, durant la guerre, il fut donné à M. **Raymond Jouaust** de rendre d'importants services. Mobilisé comme capitaine du génie à l'Établissement central du matériel de la Télégraphie militaire, il étudia et mit au point la télégraphie par le sol : ses procédés entrèrent dans la pratique courante des armées dès 1917; et tous les bataillons d'infanterie furent pourvus d'appareils portatifs, qui se montrèrent d'une haute utilité sur le front.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Boussinesq, Emile Picard, Carpentier; Bouty, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Décombe**, sous-directeur du Laboratoire d'enseignement de la Physique à la Sorbonne.

Le phénomène de la résonance multiple, découvert en 1890 par Sarasin et de la Rive faillit compliquer singulièrement, dès le début, l'étude des oscillations hertziennes, car il paraissait impliquer l'existence, dans la radiation excitatrice, d'un spectre continu d'oscillations. Les expériences de Garbasso, de Garbasso et Aschkinass, de Zehnder, paraissaient confirmer ce point de vue; mais celles de Waitz, de Jones, de Rubens, de

Bjerknes, de Pérot et de Nils Strindberg, concluaient, au contraire, quoique indirectement, au manochromatisme de la source radiante.

La question restait donc entière. C'est pourquoi, après avoir abordé lui-même la question par voie indirecte, dans des expériences particulièrement soignées, M. Décombe résolut de la traiter directement dans un travail qu'il eut le mérite de mener à bonne fin, malgré des difficultés techniques considérables : il ne s'agissait rien moins, en effet, que de photographier l'étincelle de décharge de l'excitateur en la dissociant par le miroir tournant selon la méthode de Feddersen, avec cette circonstance que la fréquence d'oscillation beaucoup plus élevée devait rendre la tâche plus ardue. Ayant adopté pour l'excitateur une forme fermée et symétrique destinée, en atténuant le vecteur radiant, à diminuer l'amortissement, M. Décombe faisait éclater l'étincelle de décharge dans l'huile de vaseline, ce qui en augmente considérablement l'éclat et la netteté. L'appareil tournant, emprunté aux collections du lycée Henri IV, avait été construit autrefois par Froment. L'emploi d'une lentille collimatrice, en rendant distincts le facteur de dissociation de l'étincelle et le facteur d'éclairement de la plaque, lui permit d'obtenir une image à la fois très nette et très lumineuse. Des révélateurs particulièrement énergiques, et même dans certains cas des sursensibilisateurs spéciaux, durent être employés. Comme l'a écrit Henri Poincaré, tous les détails de cette expérience, exécutée à une époque où l'on ne connaissait pas en France les plaques ultra-sensibles et avec un miroir de dimensions insuffisantes, font le plus grand honneur à l'ingéniosité de leur auteur.

Le succès a couronné ces efforts persévérants et ingénieux. En communiquant au miroir une vitesse d'environ 500 tours par seconde évaluée par la hauteur du son d'axe, M. Décombe a obtenu, pour des périodes de l'ordre du millionième de seconde, des images parfaitement nettes qui, en même temps qu'elles nous renseignaient sur la constitution de l'étincelle explosive dans les diélectriques liquides, ont démontré l'existence dans l'étincelle excitatrice d'une vibration simple amortie. Ce résultat, aujourd'hui classique, mit fin à la controverse que suscitait depuis huit ans la découverte de la résonance multiple.

Il est regrettable que les circonstances n'aient pas permis à M. Décombe de poursuivre ses recherches sur les oscillations électriques. Du moins, dans ce domaine si important, a-t-il été un précurseur, puisque c'est en suivant ses conseils, en adoptant le même dispositif expérimental et, du moins au début, en utilisant le même appareil, que le commandant Tissot exécuta ses premiers travaux sur la T. S. F.

Depuis cette époque et malgré les fonctions très chargées de sous-Directeur du Laboratoire d'enseignement de la Physique, M. Décombe a apporté une intéressante contribution, d'une part à la réfractométrie en rendant pratique et précise la méthode de Brewster pour la mesure des indices des liquides, et d'autre part à l'électrométrie en proposant pour l'électromètre à quadrants un mode d'emploi rationnel qui supprime tout réglage et toute cause d'erreur systématique. Il a également fait construire un appareil parfaitement combiné permettant de répéter facilement et avec des masses très réduites l'expérience de Hirn sur l'écrasement du plomb ainsi qu'un mécanisme à contacts électriques de haute précision susceptible d'applications chronométrologiques variées.

En outre, et indépendamment d'une très importante contribution au Recueil des Constantes publié par la Société française de Physique, et de diverses publications sur des sujets variés, **Louis Décombe** a produit dans le domaine théorique deux essais particulièrement remarqués : l'un, relatif à l'interprétation électronique de la chaleur non compensée, tend à constituer sous une forme entièrement originale et qui paraît devoir être féconde, un chapitre nouveau : celui de la Thermodynamique électronique ; l'autre, concernant l'origine électrodynamique de la gravitation universelle, constitue, comme l'a fait justement observer une voix très autorisée, la première explication plausible de la gravitation. Sans nous attarder à analyser ces deux théories encore inachevées, mais qui relèvent chez leur auteur des facultés d'intuition particulièrement développées, il nous suffit d'en signaler le très haut intérêt.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier ; Violle, rapporteur.

Le prix Hughes a pour objet de récompenser l'auteur des travaux originaux en Physique, spécialement en électricité et magnétisme ou en leurs applications.

M. **Henri Chaumat**, sous-directeur de l'École supérieure d'Électricité, satisfait pleinement à ces conditions.

Hormis un travail très remarqué sur le frottement de glissement à sec,

travail qui l'a conduit à formuler une loi traduisant exactement les résultats expérimentaux, M. Chaumat a porté ses efforts sur diverses questions d'Électricité.

Dès 1892, il publiait une Note, alors intéressante, sur le calcul de la réaction d'induit dans les machines à courant continu.

Au Congrès international des applications de l'Électricité tenu à Marseille en 1908, M. Chaumat exposait avec un vif succès ses idées sur la production industrielle de l'ozone : Quand on veut, pour des usages industriels (stérilisation de l'eau, purification de l'air comprimé, etc.), obtenir de l'air ozoné comprimé, mieux vaut ozoniser l'air après compression que de le comprimer après l'avoir chargé d'ozone, parce que, la compression étant d'abord adiabatique, les températures destructives de l'ozone (voisines de 100°) sont très rapidement atteintes. D'où l'idée de comprimer préalablement l'air, de le faire se détendre jusqu'à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique dans un moteur (dont on utilise le travail), et de le soumettre ensuite à l'action de l'effluve. L'ozoniseur sera ainsi alimenté par de l'air très froid, ce qui est favorable au rendement. D'autre part, si les appareils doivent rayonner 95 pour 100 de la chaleur dégagée par l'effluve, ils seront nécessairement fort encombrants. Au contraire, si on les alimente avec de l'air très froid, c'est l'air qui enlève par convection toute l'énergie dépensée inutilement sous forme de chaleur. M. Chaumat a pu réaliser dans son laboratoire un ozoniseur industriel qui produisait de l'air ozoné à haute teneur et qui, sous un volume à peine de 100^{dm^3}, présentait à l'effluve une surface d'émission de 220^{dm^2} pour chaque électrode. Cet appareil avait un rendement double de celui des meilleurs ozoniseurs connus à l'époque.

La réduction électrolytique en milieu aqueux d'un corps insoluble, tel que l'indigo, était un problème difficile à résoudre. M. Chaumat y est parvenu en forçant l'hydrogène à se dégager sur l'indigo même. A cet effet, de l'indigo bleu, en poudre très fine, est malaxé avec du graphite en grains plus grossiers, de façon que chaque grain conducteur se trouve enrobé d'indigo. Le mélange est tassé autour d'une lame conductrice. Pendant le tassement, l'enveloppe d'indigo se déchire par places, d'où continuité électrique entre la lame et l'ensemble des grains de graphite. Ainsi préparée, l'électrode est reliée au pôle négatif d'une source d'électricité; et l'on soumet à l'électrolyse un carbonate alcalin. Immédiatement se produit une solution concentrée d'indigo blanc, le rendement en quantité pouvant atteindre 40 pour 100. Le procédé revient au fond à employer une

électrode poreuse dont la surface réelle est extrêmement grande, ce qui permet le fonctionnement avec des densités de courant (rapportées à la surface apparente de la cathode) dépassant beaucoup les plus grandes densités utilisées dans les opérations électrolytiques. Remarquons d'ailleurs que, théoriquement, la méthode est parfaite; car, en même temps que se dégagent deux atomes d'hydrogène, c'est-à-dire ce qu'il faut d'hydrogène pour réduire une molécule d'indigo bleu, se forment deux molécules de soude caustique, c'est-à-dire la quantité de soude nécessaire et suffisante pour dissoudre la molécule d'indigo blanc formée.

M. Chaumat a étendu ce procédé de réduction aux couleurs de flavanthrène et d'indanthrène, qui s'emploient également dans la teinture sur cuve. Si la substance à réduire est soluble, la question se simplifie beaucoup par la suppression de l'enrobage : il suffit de faire circuler la liqueur à réduire à travers une masse de graphite en poudre tassée autour d'une lame de charbon. La fabrication électrolytique de l'alun de chrome par la réduction d'un mélange liquide bichromaté sulfurique s'est montrée particulièrement avantageuse.

Sans parler des méthodes de mesures électriques que M. Chaumat a créées ou perfectionnées au cours de son enseignement de plus de vingt années à l'École supérieure d'Électricité, nous devons signaler encore deux sortes d'études récentes, encore inachevées, les unes sur la fabrication électrolytique du chlore, les autres sur de curieux phénomènes de surtension en courant continu. Ces phénomènes en apparence paradoxaux se produisent pendant la période de charge d'un condensateur dans un circuit électrique, plus ou moins complexe ne présentant que des capacités et des résistances non inductives, dans lesquelles la surtension relative peut atteindre 13,5 pour 100, L'auteur en a fait l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences et d'une conférence à la Société française de Physique. Il en poursuit actuellement l'étude dans le cas de circuits plus complexes, étude qui peut donner d'utiles conséquences pratiques, notamment pour l'établissement d'appareils de protection des lignes électriques industrielles contre les surtensions.

En présence de tous les intéressants travaux de M. **Henri Chaumat**, votre Commission est unanime à vous proposer de lui décerner le prix Hughes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Georges Sagnac**, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.

M. Sagnac marqua ses débuts dans la science par une découverte fort importante qui a ouvert de nouveaux horizons aux théories modernes de la radiation, et provoqué depuis des recherches multipliées : celle des rayons secondaires issus des rayons X.

Röntgen avait vu que si les rayons X sont incapables de se réfléchir ou de se réfracter, en revanche ils subissent une diffusion appréciable, notamment en traversant l'air, mais il déclarait dans son deuxième Mémoire avoir vainement cherché une transformation des rayons X par la matière. M. Sagnac fut assez habile pour reconnaître en 1896 la production de rayons secondaires qu'on appela à ce moment rayons S ou rayons de Sagnac. Il montra qu'il est bien vrai que lorsque les rayons X frappent des éléments de faible poids atomique (tels que carbone ou carbures d'hydrogène, et notamment paraffines), la diffusion se produit seule; et il indiqua à ce propos (*Éclairage électrique* du 18 décembre 1897) qu'on peut utiliser deux diffusions successives pour reconnaître la transversalité des vibrations : méthode employée depuis par de nombreux auteurs. Par contre, il vit que le contact des rayons X avec des corps de poids atomique supérieur à 50 environ, tels que fer, cuivre, zinc, étain, plomb, etc., soit libres, soit combinés, donne lieu à des rayons secondaires, dans les quels il distingua deux variétés : les rayons secondaires de fluorescence non électrisés, et les rayons secondaires électrisés négativement, ou rayons β. Il consacra à leur étude trente-trois Mémoires riches en observations nouvelles et en aperçus suggestifs, publiés pour la plupart de 1896 à 1899 dans les *Comptes rendus*, l'*Éclairage électrique*, le *Journal de Physique*, les *Annales de Chimie et de Physique*, etc.

M. Sagnac constata que les rayons secondaires de fluorescence ne sont pas électrisés; qu'ils traversent aisément plusieurs centimètres d'air atmosphérique; enfin qu'ils sont caractérisés par un phénomène d'absorption sélective, qui obéit à la loi bien connue pour les rayons lumi-

neux de la réciprocité du pouvoir émissif et du pouvoir absorbant; en opérant avec divers métaux, et notamment avec le cuivre, il montra en effet par des expériences visibles à un nombreux auditoire que les rayons X excitateurs de la luminescence sont précisément ceux qui sont absorbés par le métal générateur de cette luminescence. Les rayons secondaires de fluorescence sont d'ailleurs complexes, tout comme les rayons X incidents; l'auteur le prouva par une méthode ingénieuse consistant à placer une même lame d'un corps peu absorbant et transformant très peu les rayons X générateurs, tel que l'aluminium, successivement sur le trajet du faisceau incident des rayons X, puis du faisceau des rayons secondaires issus du métal étudié; les temps de décharge de l'électroscope sont très différents; l'excès de leur rapport sur l'unité donne une mesure du *coefficient de transformation* caractéristique du métal. Cette méthode est si sensible qu'elle permet de déceler des traces d'un métal actif, tel que le cuivre, disséminées dans un métal relativement neutre, comme l'aluminium. Cette même méthode permit à M. Sagnac de trouver, dans l'émission du zinc, du cuivre, et, mieux encore, des métaux lourds, tels que plomb et platine, des régions d'absorption sélective nettement séparées et caractéristiques de chaque métal. Cette étude a été continuée et développée depuis par divers physiciens, et notamment par M. Barkla.

Dans une Note parue le 6 décembre 1897 aux *Comptes rendus*, M. Sagnac précisa que « les rayons secondaires que les métaux émettent sous l'influence des rayons X sont de nouveaux rayons voisins des rayons X et qui doivent sans doute être placés en deçà des rayons issus du tube de Crookes employé, comme le rayonnement d'un corps luminescent se place en deçà des rayons de plus courte longueur d'onde dont il est la transformation ». En d'autres termes, le phénomène est régi par la loi de Stokes, ou loi de dégradation des fréquences lumineuses : c'est là un point de vue capital, qui a été également repris plus tard par M. Barkla.

Outre ces rayons secondaires de fluorescence, non électrisés, M. Sagnac annonçait, le 1er mars 1898 (*Éclairage électrique*) que « les rayons secondaires très absorbables des métaux lourds peuvent renfermer des rayons analogues à ceux de Lénard et déviables comme eux par l'aimant ». C'étaient là les rayons souvent appelés depuis « rayons β des rayons X », à la découverte desquels, par M. Sagnac, a rendu hommage M. Lénard dans son discours de prix Nobel. Ces rayons, que les doctrines

actuelles attribuent à la libération des électrons dégagés lors du choc de la matière par les rayons X, jouent un rôle important dans les théories modernes des radiations (théories des quanta, des vitesses de projection, etc.).

Peu après, en collaboration avec Pierre Curie, M. Sagnac mesurait directement leur électrisation négative dans le cas du platine et du plomb avec l'électromètre à quadrants et le quartz piézo-électrique. Comme les rayons cathodiques de Lénard, ces rayons sont absorbés par quelques millimètres d'air. Pour faire leur étude dans le vide de Crookes, M. Sagnac construisit un tube spécial fort ingénieux, qu'il décrivit le 9 avril 1900 dans les *Comptes rendus*, et qui a été repris par M. Dorn avec quelques modifications.

M. Sagnac reconnut également, ce qui avait échappé aux précédents observateurs, que c'est aux rayons secondaires β qu'on doit attribuer le principal rôle dans l'ionisation de l'air par les rayons X, ionisation qui est en rapport avec la facile absorption des rayons β. En outre, dans un pli cacheté déposé le 18 juillet 1898 et ouvert le 5 février 1900, il donna le premier exemple d'une ionisation produite dans le gaz d'une enceinte de Faraday par des ions extérieurs à l'enceinte, projetés à travers les mailles d'une toile métallique par un champ électrique extérieur : découverte qui est devenue entre les mains du physicien anglais Townsend l'origine d'importants résultats sur l'ionisation par chocs.

Tandis que la variété et l'importance des résultats obtenus par M. Sagnac déterminaient un grand nombre de chercheurs, dans divers pays, à se lancer dans les voies qu'il avait ouvertes, l'habile physicien, écarté de ces premières études par la maladie d'abord, puis par les exigences de l'enseignement universitaire, s'engageait dans un domaine voisin, où il ne devait pas faire preuve d'une moindre perspicacité.

Généralisant certaines vues profondes émises en 1886 par M. Gouy, touchant le rôle des instruments d'optique dans la séparation des raies spectrales, il montra, en 1903 et 1904, qu'au lieu du simple changement de signe de la phase vibratoire qu'on remarque de part et d'autre d'un foyer, en se plaçant à une certaine distance, on peut observer une série de variations de phase séparées par des changements de signe partout où la vibration s'annule. Faisant usage d'un système optique spécial, qui, entre deux nicols, donne des anneaux de polarisation chromatique non localisés, il réalisa une élégante expérience permettant de voir en plein jour, sur plusieurs mètres de distance, des anneaux successifs à centre blanc et noir.

A ce même ordre d'idées se rattache l'invention, en 1910, de nouveaux appareils d'optique interférentielle, et notamment d'un séparateur à lame d'air, et son application, en 1911, à la production de champs interférentiels à fond sombre uniforme en lumière blanche, ainsi qu'à la production d'un système de franges d'interférences à centre définissant exactement le zéro des différences de marche.

Ces études l'amenaient à une théorie générale de l'optique de la matière considérée comme discontinue.

Faisant appel successivement aux considérations cinématiques générales nécessitées par l'assimilation des particules à des centres secondaires de vibration, puis aux considérations électromagnétiques qui comparent ces centres à des doublets de Hertz, il en déduisit une relation intéressante entre l'épaisseur de la couche de passage de réfraction, très petite par rapport à la longueur d'onde, et l'épaisseur de la couche de passage de réflexion vitreuse à grande distance qui est de l'ordre de la longueur d'onde. Il vérifia cette formule en mesurant la rotation du plan de polarisation lors de la diffraction de la lumière par réflexion sur un réseau de verre convenablement préparé.

Ces travaux ont été continués par des théoriciens étrangers, tels que M. Ladislas Natanson, qui ont adopté les vues de M. Sagnac.

En possession d'une connaissance parfaite des théories les plus délicates de l'optique, ainsi que d'une technique raffinée des mesures, M. Sagnac aborda un problème difficile entre tous, et qui, depuis un demi-siècle, a donné lieu à bien des discussions : celui de l'optique des corps en mouvement.

Sa principale contribution expérimentale à ce domaine consiste en l'invention d'un interférographe tournant qui n'emprunte aucun repère extérieur, car il tourne avec sa source, avec toutes ses pièces optiques et avec son récepteur photographique. Celui-ci enregistre pour chaque vitesse de rotation un déplacement déterminé des franges d'interférence. Deux faisceaux interférents parcourent en sens opposé le même circuit optique : celui qui contourne le circuit dans le sens de la rotation mécanique se trouve être retardé dans sa phase, et par suite dans sa vitesse de propagation. La grandeur et le sens absolu du déplacement des franges sont conformes à la théorie de l'éther immobile de Fresnel et en constituent une vérification.

L'auteur a été amené ainsi à édifier une théorie nouvelle de l'électro-optique des corps en mouvement, qui permet, sans nécessiter comme les théories modernes de la relativité un bouleversement des notions

classiques d'espace et de temps, de conserver la doctrine des ondulations, tout en évitant les difficultés auxquelles celle-ci se heurte pour expliquer un phénomène tel que l'aberration ou pour interpréter le résultat négatif des expériences de Michelson : difficultés qui n'existent au contraire pas pour l'ancienne théorie de l'émission.

Les vues de M. Sagnac étendent au domaine des radiations les considérations cinétiques et statistiques, qui, imaginées et développées par Bernoulli, Clausius, Maxwell, Boltzmann, Gouy, ont permis de concilier la mécanique moléculaire et la thermodynamique. Les éléments d'énergie du flux radiant jouent, d'après M. Sagnac, un rôle en partie analogue aux molécules de la théorie cinétique.

L'énergie de radiation, selon l'auteur, est projetée par la source, si on la considère non dans ses ondes élémentaires, mais dans son total. Le phénomène est comparable à celui des rides sur l'eau, dans lequel on voit deux vitesses de propagation simultanées : celle des ondes et celle de l'énergie. M. Sagnac ayant mesuré la vitesse des ondes dans son appareil tournant, et montré le retard de cette vitesse dans le sens du mouvement des sources, miroirs et lames, propose de mesurer la vitesse de l'énergie par la méthode des éclairs périodiques (roue dentée de Fizeau ou miroir tournant de Foucault). Ces deux vitesses caractérisent deux mécaniques simultanées de la radiation, savoir, la mécanique du mouvement absolu de la source, révélé par les ondes, et la mécanique de la relativité newtonienne de l'énergie. La considération de ces deux vitesses permet de passer de l'univers moléculaire de l'énergie, qui est celui des éléments de radiation, à l'univers ondulatoire, directement accessible à nos mesures. En superposant les ondes dans l'espace et dans le temps, l'auteur détermine les lois des fréquences et des vitesses par la condition que l'énergie totale liée aux ondes du champ ondulatoire participe à la translation de la source comme dans l'ancienne théorie de l'émission, et résout ainsi les difficultés présentées par l'électro-optique des corps en mouvement.

Cette synthèse pénétrante, basée sur une analyse délicate des phénomènes et sur une série d'expériences aussi ingénieuses que nouvelles, témoigne d'un effort de pensée puissant, qui, au delà des formules mathématiques, cherche à atteindre la réalité des phénomènes physiques.

Enfin, il convient de rappeler brièvement quelques autres travaux de M. Sagnac, où se décèle la même habileté technique et le même esprit inventif : citons seulement son étude sur les illusions dans les pénombres des silhouettes dans la vision non accommodée, qui a permis d'éclairer

les paradoxes de certaines radiographies, et de déceler les fraudes des simulateurs dans les cas de myopie ou de presbytie, et sa théorie de la phosphorescence basée sur l'idée d'une ionisation suivie d'une recombinaison progressive de vitesse déterminée, ce qui conduit à la superposition de deux fonctions sinusoïdales amorties, et permet d'expliquer les lois connues d'extinction de la phosphorescence, comme les phénomènes d'inversion de l'image latente en photographie pour des durées de pose croissantes.

Mentionnons pour terminer que, dès la fin de 1914, M. Sagnac imaginait une lunette acoustique interférentielle pour repérer dans le brouillard les signaux de marine, et l'appliquait peu après avec un succès complet au repérage des avions. Le procédé entra dans la pratique courante : 750 appareils de grand modèle et un certain nombre de petit modèle furent employés régulièrement dans les postes d'écoute, les postes de projecteurs et les postes d'auto-canons, pour déceler l'arrivée des avions ennemis et suivre leurs mouvements.

L'ensemble de cette œuvre scientifique montre en M. **Sagnac** un expérimentateur d'une habileté consommée, en même temps qu'un théoricien aussi original que profond.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Fondation Clément Félix ayant pour but de permettre à un physicien de poursuivre des recherches scientifiques, la Commission a cru ne pouvoir mieux faire qu'en proposant de l'attribuer à M. **Charles Féry**, professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris.

C'est dire qu'elle ne se propose pas aujourd'hui de rendre hommage à l'ensemble des travaux de cet habile expérimentateur, de cet inventeur original et fécond, dont le nom est attaché à une série d'appareils aussi appréciés à l'étranger qu'en France même.

Elle a voulu simplement lui faciliter la continuation des expériences qu'il poursuit depuis plusieurs années pour arriver à la réalisation pratique d'un petit accumulateur sec.

On sait qu'on n'a pas réussi jusqu'ici à remplacer les piles dans une

foule d'applications importantes : manœuvre des signaux et appareils de sécurité sur les chemins de fer, télégraphie ordinaire, télégraphie sans fil, téléphonie, etc. Les seuls chemins de fer français ont en service pour leurs besoins de 4 à 5 millions de piles; l'Administration des Postes et Télégraphes mettait annuellement au rebut avant la guerre 800 000 agglomérés usagés au bioxyde de manganèse.

Or, peu après le début des hostilités, la pénurie du bioxyde de manganèse très pur employé comme dépolarisant dans la pile au sel ammoniac se manifesta fâcheusement. Ce produit nous venait en effet d'Allemagne ou de Russie : on dut alors l'importer du Japon. M. Féry dont l'attention fut appelée sur ce point par le général Ferrié, réussit à remplacer dans les piles à liquide libre le bioxyde de manganèse par l'oxygène de l'air, dépolarisant toujours présent et d'un prix nul. L'emploi de cette nouvelle pile peu coûteuse et très constante a déjà procuré à l'Administration des Postes ainsi qu'aux Compagnies de chemins de fer de très notables économies.

Cette solution simple était malheureusement inapplicable pour les éléments à liquide immobilisé (dits *piles sèches*). M. Féry songea alors à avoir recours à l'accumulateur au plomb qui permet en outre une régénération facile et économique des éléments usagés. Dans le but de l'adapter aux conditions imposées : débit faible, mais conservation aussi parfaite que possible de la charge pendant de longs repos, et immobilisation complète du liquide, il dut d'abord approfondir les réactions chimiques dont l'appareil est le théâtre. Il fut amené ainsi à des constatations nouvelles fort intéressantes sur les divers stades d'oxydation du plomb qui se produisent pendant le fonctionnement de l'accumulateur; ses expériences lui permirent de fixer les poids de matière à employer tant à la plaque positive qu'à la négative. Il reconnut que si un élément perd en moyenne 30 pour 100 de sa charge par mois, cette perte se produit presque uniquement à la négative : il réussit à beaucoup la diminuer en modifiant la disposition habituelle de l'appareil et en plaçant la négative unique horizontalement au fond du vase, la positive étant placée verticalement. Il employa d'abord comme immobilisant le sable blanc complètement exempt de fer et inattaquable à l'acide sulfurique, qui sert à la fabrication des instruments d'optique. Cette substance permet une parfaite conservation de la négative, mais présente le désavantage d'être lourde et peu poreuse. Aussi, l'habile physicien chercha-t-il à la remplacer par de la porcelaine dégourdie réduite en

poudre; le fonctionnement parut d'abord satisfaisant, mais à la longue il se trouva que la matière s'attaquait en donnant de la silice gélatineuse. Le kieselguhr qui fut essayé ensuite offre un inconvénient différent : celui de donner une masse dans laquelle les gaz de la charge ne peuvent se dégager.

C'est donc du côté pratique que se sont rencontrées les plus grandes difficultés. Mais la persévérance et l'esprit de méthode de l'auteur sont de nature à en triompher, et il paraît être sur la voie qui le conduira à la découverte d'un immobilisant inattaquable et très absorbant. Ces propriétés dont la première est tout à fait indispensable augmenteraient la capacité de l'élément en permettant l'emploi d'un plus grand volume d'électrolyte et en diminuant le poids mort.

Il est donc à espérer que la subvention accordée par l'Académie à M. **Féry**, dont les recherches sont déjà avancées, aboutira à doter l'industrie électrique d'une méthode, grâce à laquelle on pourra fabriquer en France tous les éléments dont on aura besoin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Bourquelot, Carnot, Schlœsing, Maquenne; Moureu, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie d'attribuer : le prix de 2500^{fr} à M. **Georges Rivat**, docteur ès sciences, lieutenant attaché à la Section technique des études chimiques à la Sorbonne, pour sa contribution à l'analyse des gaz asphyxiants employés par l'ennemi et à la recherche des procédés de fabrication de diverses substances novices; une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Arnold Lassieur**, ancien élève de l'École de Physique et de chimie, pour sa contribution à l'identification des substances contenues dans les obus toxiques allemands; une mention honorable

de 1000fr à M. **Cyrille Toussaint**, ingénieur de l'Institut chimique de Nancy, pour sa collaboration aux études chimiques de guerre poursuivies dans le laboratoire de M. Grignard.

Une des tâches les plus essentielles de la chimie de guerre a consisté dans l'examen des produits nocifs (gaz asphyxiants) que l'ennemi lançait sur nos troupes. Parallèlement à M. Kling, directeur du Laboratoire municipal de Paris, M. Grignard, à la demande de l'Académie des Sciences, fut chargé par M. le Ministre de la Guerre, dès le début de l'année 1916, d'exécuter ces analyses. Il a été assisté dans sa très importante mission par des chimistes distingués, en tête desquels figure son élève le sous-lieutenant **Georges Rivat**. C'est même à ce dernier que fut confié le service de M. Grignard durant son voyage aux États-Unis (1916-1917, environ une année).

M. Rivat s'est occupé, en outre, en vue de leur fabrication, de diverses substances agressives, et il s'est attaché également à rechercher des moyens de détection sur le terrain de quelques gaz de combat d'une diagnose particulièrement difficile.

Toutes ces études ont été poursuivies par M. Rivat avec la plus intelligente activité et un plein succès. Nous avons pour devoir d'ajouter, en terminant, que ce jeune officier, victime à maintes reprises d'intoxications graves, s'est toujours montré très courageux et d'un dévouement au-dessus de tout éloge.

La Commission propose à l'unanimité de décerner le prix Montyon à M. **Georges Rivat**.

Dans ses études de chimie de guerre, M. Kling, directeur du Laboramunicipal de Paris, a été assisté par différents chimistes, dont deux, MM. Florentin et Schmutz, furent, en 1916, distingués par l'Académie, qui leur décerna les deux mentions honorables du Prix Montyon. M. Kling a cru de son devoir de nous signaler encore, tout spécialement, M. **Arnold Lassieur**, qui lui a rendu de réels services dans l'identification des substances contenues dans les obus toxiques allemands. M. **Lassieur** a d'ailleurs à son actif, en dehors de ces travaux, différentes recherches de chimie, qu'il a publiées seul ou en collaboration avec M. Haller, M. Matignon ou M. Kling.

La Commission propose de lui décerner la première mention honorable du Prix Montyon.

Parmi les collaborateurs de M. Grignard dans ses études chimiques de

guerre, nous devons signaler spécialement, après M. Rivat, le lieutenant **Cyrille Toussaint**. Cet officier a été pour M. Grignard un collaborateur aussi intelligent que dévoué. Il fut, lui aussi, au cours des recherches, victime d'accidents (brûlures par explosion, intoxications, etc.).

La Commission propose de décerner à M. **Toussaint** la seconde mention honorable du prix Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Bourquelot, Carnot, Schlœsing, Maquenne; Armand Gautier et Moureu, rapporteurs.)

La Commission propose à l'Académie de partager le prix comme il suit :

5000fr à M. **Ernest Fourneau**, chef de service de l'Institut Pasteur, pour ses recherches relatives à la préparation synthétique des composés organiques médicamenteux;

2500fr à M. **Louis Maillard**, professeur agrégé de la Faculté de Médecine de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de Chimie organique;

2500fr à **Marcel Sommelet**, professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, pour ses recherches sur les éthers-oxydes à fonction multiple et sur la préparation des homologues du chlorure de benzyle, des alcools primaires et des aldéhydes de la série benzylique.

Rapport de M. Charles Moureu *sur les travaux de M.* **Ernest Fourneau**.

Depuis quelque vingt ans que M. **Ernest Fourneau** a débuté dans la recherche scientifique, il s'est proposé, dans presque tous ses travaux, d'obtenir des composés organiques médicamenteux par voie exclusivement synthétique. En 1903, il réussit à préparer artificiellement une substance dérivée d'un amino-alcool de la série grasse, la *stovaïne*, capable de produire l'anesthétie locale au même degré que la cocaïne, qui dérive, elle aussi, d'un amino-alcool, et sur laquelle le nouveau produit offre l'avantage d'une moindre toxicité. M. Fourneau fit connaître, à cette occasion, un grand nombre d'anesthétiques locaux de structure analogue, et toute une famille de médicaments chimiques fut ainsi mise au jour. La stovaïne (chlorhydrate de l'éther benzoïque du diméthylamino-diméthyléthylcarbinol) entra bientôt dans la pratique pour les opérations de petite chirurgie.

Un domaine fécond venait d'être ouvert par cette brillante découverte,

Il ne tarda pas à être largement exploré dans les laboratoires des Universités et de l'Industrie, et une multitude d'anesthétiques furent étudiés, parmi lesquels la *novocaïne* (chlorhydrate de l'éther aminobenzoyé du diéthylaminoéthanol) a pris rang dans l'arsenal thérapeutique à côté de la cocaïne et de la stovaïne.

Les méthodes de synthèse qu'il élabora, seul ou en collaboration avec M. Tiffeneau, pour mener à bien ses travaux sur les amino-alcools, M. Fourneau les mit en œuvre pour tenter de reproduire synthétiquement un alcaloïde végétal, l'*éphédrine* de l'*Ephedra vulgaris*. Il prépara ainsi cinq isomères de l'éphédrine; l'un d'eux constitue vraisemblablement l'isomère inactif du composé naturel.

Guidé, comme il n'avait cessé de l'être dans ce qui précède, par diverses considérations théoriques, M. Fourneau fut encore conduit, notamment, à préparer une série de dérivés d'acides oxyaminés. L'un des nombreux corps ainsi obtenus (bromhydrate d'isovaléryldiméthylamino- oxyisobutyrate de propyle) figure aujourd'hui parmi nos meilleurs hypnotiques.

M. Fourneau a encore découvert une nouvelle classe d'antipyrétiques analgésiques : ce sont des dérivés des phénols et de la glycérine, dont le plus simple est le phénoxypropanediol.

Signalons également, comme produits intéressants, quelques types nouveaux de composés organiques à base d'arsenic et de mercure, qu'il a étudiés en collaboration avec M. Œchslin et M. Vila, en particulier l'éther benzarsinique de la quinine, qui possède la curieuse propriété d'être insipide, et le diaminodioxydiphényl-mercure, qui est une sorte de salvarsan à base de mercure.

En collaboration avec Émile Fischer, M. Fourneau a préparé le plus simple des polypeptides, la glycylglycine, qui a été le point de départ des importantes recherches de cet auteur sur la constitution des albuminoïdes. Avec M. Richard Willstätter, il a établi dans ses grandes lignes la constitution chimique de la lupinine des semences de lupin. Il a extrait du *pseudocinchona africana* un alcaloïde cristallisé, la *corynanthine*, dont il a démontré l'isomérie avec *l'yohimbine*.

Il n'est pas sans intérêt d'observer que la plupart des travaux que nous venons de résumer avaient été poursuivis par M. Fourneau dans un laboratoire de l'Industrie. C'est là que, malgré ses obligations professionnelles, il trouva le temps de s'adonner à des recherches originales, qui devaient le conduire à de si importants résultats. Dès l'année 1911, l'Institut Pasteur, avec son éclectisme accoutumé, avait tenu à s'attacher, d'une manière

complète et exclusive, un chercheur aussi méritant, en lui confiant la direction du Laboratoire de Chimie thérapeutique. A dater de cette époque, certaines recherches de M. Fourneau prirent, sous l'influence du nouveau milieu, un caractère nettement biologique.

M. Delezenne avait montré que le venin des serpents hydrolysait partiellement la lécithine, en éliminant de l'acide oléique et en formant à ses dépens une substance nouvelle, soluble dans l'eau, douée de propriétés hémolysantes extrêmement accentuées. M. Fourneau, en collaboration avec son distingué collègue, a réussi à isoler cette matière à l'état pur et parfaitement cristallisée. C'est un éther palmitoglycérophosphorique de la choline, qui a reçu le nom de *lysocithine*.

Ce travail a naturellement conduit MM. Delezenne et Fourneau à étudier les éthers de la choline avec divers acides gras. Ils ont ainsi reconnu que les éthers palmitique et stéarique ont une forte action dissolvante sur les globules rouges.

De tels faits apparaissent avec tout leur intérêt quand on songe que la lécithine et la choline sont des constituants essentiels de l'œuf, et qu'ils peuvent être transformés dans cet aliment en poisons redoutables.

Mentionnons encore, dans l'ordre biologique, le fait curieux, mis en lumière par M. Fourneau, que les hypnotiques traversent les membranes de collodion riciné, et la démonstration, effectuée en collaboration avec M. Delezenne, de la grande part que prend la chaux de la coquille de l'œuf de poule à la formation du squelette du poussin pendant l'incubation.

L'originalité et les intéressantes applications des travaux de M. Fourneau lui ont valu une juste renommée. Son laboratoire abrite aujourd'hui des travailleurs de différentes nationalités, et nous éprouvons une grande satisfaction à rappeler qu'à la demande de la « Junta para ampliciones de estudios » il a dernièrement, à Madrid, organisé une série de travaux pratiques et donné des conférences sur l'application des méthodes de la Chimie organique à la synthèse des médicaments.

Les mérites spéciaux de M. Fourneau ne pouvaient manquer d'attirer l'attention de l'Académie de Médecine. Cette Compagnie vient de les reconnaître pleinement en l'appelant à elle dans la section de Pharmacie.

Il est superflu d'ajouter que la Défense nationale a largement mis à profit les talents de M. Fourneau. Durant les deux premières années de la guerre, il fut attaché au Laboratoire de la Pharmacie centrale des Hôpitaux militaires, et il fut invité ensuite à étudier, dans son laboratoire, différentes questions pour le Ministère de la Guerre et le Ministère de l'Armement. Il

a rendu, dans ces fonctions, tous les services qu'on pouvait attendre de sa compétence et de son dévouement patriotique.

La Commission est unanime à proposer de décerner à M. **Fourneau** une part importante du prix Jecker (5000^{fr}).

Rapport de M. Armand Gautier *sur les travaux de M.* **L. Maillard**.

L'attention des chimistes et des biologistes fut vivement éveillée lorsque, vers 1905, E. Fischer parvint à greffer les uns aux autres, en chaînes ouvertes ou fermées, par simple perte d'eau, les amino-acides que depuis longtemps on savait être les produits presque uniques de l'hydrolyse chimique des composés albuminoïdes et de leur digestion intestinale. E. Fischer reconstituait ainsi au laboratoire, par une action inverse de l'acte digestif, les substances à réactions nettement peptidiques, les polypeptides. Mais cette reconstitution des premiers produits de dédoublement de la molécule protéique, très intéressante certes en elle-même, n'était obtenue que grâce à l'intervention énergique sur les acides aminés, ou leurs mélanges des réactifs de laboratoire les plus puissants : gaz chlorhydrique, chlorure de thronyle, brome, ammoniaque concentrée, et il ne semblait pas qu'on pût tirer de ces observations des conclusions bien certaines sur les mécanismes naturels qui, chez les animaux, font repasser les produits aminés de la digestion aux diverses peptides ou albumines de leurs tissus.

C'est dans ces conditions que M. L. Maillard, en 1911, découvrait une nouvelle méthode de synthèse des polypeptides qui, tout en partant, comme avait fait Fischer, des acides aminés, les réunit sans intervention, pour cette synthèse, d'aucun réactif que ceux qui se rencontrent normalement dans le tube digestif en plein fonctionnement. M. Maillard prend les acides aminés libres, les dissout dans l'eau, et les associe en chaînes polypeptidiques simplement en chauffant très modérément leur solution avec un peu de glycérine.

Partant du glycocolle, il obtint ainsi la cycloglycylglycine et la glycylglycine qui en dérive aisément; la triglycylglycine, tétrapeptide à réaction de biuret et à propriétés déjà peptoniques; la pentaglycylglycine hexapeptide dont les caractères rappellent la caséine; la cyclohexylglycylglycine, qui jouit de toutes les propriétés des matières cornées.

L'alanine, la valine, la leucine, à leur tour, en présence de glycérine, se transforment en dipeptides cycliques; réunis par la même méthode, ils produisent des associations mixtes qui répondent à la nature complexe

des produits de destruction hydrolytique des albuminoïdes naturels, et expliquent leur association dans une même molécule.

M. Maillard pense que, dans ses synthèses, la glycérine éthérifie d'abord la fonction acide; puis le glycérinate instable, ainsi formé passagèrement, se rompt par hydratation en reproduisant la glycérine, tandis que les deux tronçons des amino-acides naissants se réunissent en chaîne polypeptidique.

Ces réactions, qui commencent déjà à se manifester vers 40° et où n'intervient comme déterminant synthétique que la glycérine, que l'on sait être un des produits de la digestion des graisses, paraîssent donc bien expliquer le mécanisme naturel de la formation des polypeptides et par elles des peptines et albumines dans l'économie. On pourrait invoquer encore, comme preuve accessoire de l'activité synthétiqne de la glycérine, l'utilité de l'association des matières grasses dans l'assimilation des albuminoïdes nutritifs, observation déjà faite par Magendie et depuis confirmée par nos physiologistes les plus modernes.

La découverte de l'action synthétique de la glycérine devait amener son auteur à étudier, au même point de vue, les effets des autres alcools polyvalents pouvant exister dans l'organisme, et particulièrement celle des glycoses. Mais ici, la présence, dans le corps réagissant, d'une fonction aldéhydique ou cétonique apporte un facteur de complication. La fonction aldéhydique réagit d'abord sur la fonction aminée de l'amino-acide, puis le complexe ainsi formé perd à l'état de CO^2 le carbonyle de cet acide, et le produit résultant subit une déshydratation intense qui associe le carbone de plusieurs molécules de sucre à l'azote aminé. Cette réaction se passe même au sein de l'eau, aux températures les plus modérées, et même dans un milieu privé d'oxygène. La matière qui en résulte est une substance très complexe, d'aspect humique, différente suivant les sucres complexes en C^4, C^5, C^6 matière humique rappelant par son aspect les produits de la destruction microbienne des celluloses. M. Maillard pense que tel est le mécanisme de la formation des matières humiques naturelles et de la houille.

Antérieurement à ces recherches, M. L. Maillard avait déjà remarqué que lorsqu'on oxyde avec ménagement l'un des conjugués incolores de l'indoxyle, tel l'acide indoxylsulfurique, la substance bleue qui prend naissance en milieu acide n'est pas à proprement parler l'indigotine de l'indigo $C^{32}H^{20}N^4O^4$, mais l'hémi-indigotine $C^{16}H^{10}N^2O^2$ dont l'indigotine et l'indirubine ordinaires sont des polymères. M. Maillard fait remarquer qu'en

effet, le groupement stéréochimique de deux molécules $C^{16}H^{20}N^2O^2$ peut donner, suivant la condition où l'on se place, tantôt une substance bleue, tantôt une substance rouge, selon que les éléments structuraux des deux molécules s'associent parallèlement ou symétriquement. Il a pu obtenir séparément ces deux isomères.

Il nous a paru que ces travaux délicats de Chimie organique et biologique méritaient une part du prix Jecker.

Rapport de M. Moureu, *sur les travaux de M.* **Marcel Sommelet.**

M. **Marcel Sommelet**, professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, a effectué un ensemble de travaux qui relèvent tous du domaine de la Chimie organique. On peut en diviser l'exposé en deux parties; la première comprend une série de recherches sur les éthers-oxydes à fonctions multiples, au cours desquelles il a institué deux procédés synthétiques nouveaux de préparation, l'un d'aldéhydes saturés, l'autre d'aldéhydes à fonction éthylénique; la deuxième comprend l'étude de diverses réactions qui l'ont conduit à des méthodes d'obtention du chlorure de benzyle et de ses homologues, des alcools primaires de la série benzylique et des aldéhydes correspondants.

1. La première série de travaux est issue de la réaction suivante, découverte par MM. Béhal et Sommelet : les éthers-oxydes éthyliques de la fonction primaire des glycols-α primaires-tertiaires, soumis à l'action de certains réactifs déshydratants (acides formique ou oxalique), se transforment en aldéhydes homologues bisubstitués de l'aldéhyde acétique :

$$R.(R')\,COH.CH^2OC^2H^5 = C^2H^5.OH + R.(R')CH.CHO.$$

Cette transformation étant facile et avantageuse, M. Sommelet a cherché à lui donner une valeur pratique, et il y a pleinement réussi. L'éther éthoxyacétique, le nitrile éthoxyacétique lui ont permis, à l'aide des réactifs organomagnésiens de M. Grignard, d'arriver à produire facilement les éthers-oxydes indispensables à la généralisation de la réaction indiquée. L'ensemble des résultats obtenus constitue une méthode progressive et sûre pour l'obtention d'aldéhydes répondant à l'un des deux types

$$R^2CH.CHO \quad \text{et} \quad R(R').CH.CHO.$$

Au cours de ces premières recherches, M. Sommelet a été amené à constater qu'un éther-oxyde méthylique chloré, tel que l'oxyde de chlorométhyle

thyle et d'éthyle, se condense, en présence de magnésium activé par le chlorure mercurique, avec les cétones et les éthers-sels, pour donner lieu, en intervenant sous la forme d'une combinaison magnésienne

$$Cl.Mg.CH^2OC^2H^5,$$

aux deux transformations suivantes :

$$R.(R').CO + Cl.Mg.CH^2OC^2H^5 \rightarrow R.(R').C(CH^2OC^2H^5)OMgCl \rightarrow R(R').COH.CH^2OC^2H^5,$$

$$R.COOR' + 2Cl.Mg.CH^2OC^2H^5 \rightarrow R.C(CH^2OC^2H^5)^2.OMgCl \rightarrow R.COH(CH^2OC^2H^5)^2.$$

La première fournit une matière première intéressante pour l'application de la méthode déjà signalée d'obtention d'aldéhydes saturés; la seconde conduit aux diéthers-oxydes d'homologues de la glycériue. Ces derniers trouvent leur intérêt dans le fait que l'acide formique ou l'acide oxalique les décomposent à chaud avec production des homologues α-alcoylés de l'acroléine :

$$R.COH(CH^2OC^2H^5)^2 = 2C^2H^5.OH + CH^2 = \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}} - CHO.$$

La facilité de mise en œuvre de ces divers procédés leur assure un domaine d'application très étendu. M. Sommelet a d'ailleurs étudié avec soin les conditions d'obtention des diverses matières premières dont il a eu besoin, et, à ce point de vue, il a fréquemment amélioré ou innové. Il a remarqué, accessoirement, que l'éther éthoxyacétique est doué d'une réactivité spéciale qui le rapproche, dans une certaine mesure, des éthers formique et oxalique.

2. La seconde série de travaux que nous avons à relater a pour point de départ le fait, découvert par M. Sommelet, que les sels quaternaires dérivés de l'hexaméthylène tétramine sont décomposés par la simple ébullition de leur solution aqueuse, en donnant un aldéhyde qui contient le résidu hydrocarboné engagé dans la combinaison. Le chlorobenzylate, par exemple, donne ainsi naissance à l'aldéhyde benzoïque :

$$C^6H^{12}N^3.N(CH^2C^6H^5)Cl \rightarrow C^6H^5.CHO.$$

Il s'est trouvé qu'en dehors de son intérêt théorique, cette réaction présentait un intérêt pratique, à cause des rendements excellents qu'elle fournit en aldéhyde. C'est avec cette double préoccupation que M. Sommelet a

cherché à l'approfondir et à la généraliser. Une longue série d'expériences logiquement conduites lui a permis d'en élucider le mécanisme, lequel, selon toute vraisemblance, comporte les étapes suivantes : hydrolyse du sel quaternaire, ayant pour effet la libération d'une amine primaire, d'ammoniaque et d'aldéhyde formique; formation, aux dépens de l'aldéhyde formique, de bases méthyléniques caractérisées par la présence des groupements $CH^2:N$ ou $CH^2\langle{}^{N:}_{N:}$ possédant pour l'hydrogène une avidité particulière; déshydrogénation ultérieure, sous l'influence de ces groupements, de l'amine primaire $R.CH^2.NH^2$ qui se transforme en imine $R.CH:NH$; et, enfin, hydrolyse de cette dernière en aldéhyde $R.CHO$ et ammoniaque.

Ce mode de décomposition est remarquablement net si l'on s'adresse aux combinaisons que forme l'hexaméthylène-tétramine avec le chorure de benzyle et ses homologues ; mais il n'est pas nécessaire de préparer d'abord ces combinaisons, car ces dérivés halogénés engendrent les aldéhydes correspondants quand on les fait simplement bouillir avec une solution alcoolique de la base. Sous cette forme, la réaction est d'une mise en œuvre facile, et M. Sommelet a réussi à lui donner une grande extension en préparant synthétiquement les corps de la série du chlorure de benzyle, qui n'avait jusqu'ici que des représentants peu nombreux. Le moyen auquel il a eu recours permet de fixer sur le noyau d'un hydrocarbure aromatique le groupement CH^2Cl : il consiste à faire réagir sur cet hydrocarbure l'éther méthylique chloré $ClCH^2.O.CH^3$ en présence du chlorure stannique fonctionnant comme catalyseur. Le procédé est rapide, d'application facile et général; il a déjà permis d'obtenir les dérivés chlorométhylés du toluène, des xylènes, du cumène, etc. Ces composés permettent d'atteindre aisément les alcools primaires et les aldéhydes qui leur correspondent; en suivant cette voie, M. Sommelet a pu, en particulier, préparer l'aldéhyde p-isopropylbenzoïque, qui s'est montré identique à l'aldéhyde cuminique naturel.

L'ensemble de ces travaux présente un vrai caractère d'originalité et un réel intérêt, que nous proposons de consacrer par l'attribution d'une part du prix Jecker (2500^{fr}).

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Bourquelot, Carnot, Schlœsing, Maquenne; Moureu, rapporteur.)

La Commission propose que les arrérages de la fondation (3000^{fr}) soient partagés par moitiés entre : M. **Georges Mignonac**, ingénieur-chimiste, attaché au Laboratoire d'Études chimiques de Guerre du Collège de France, auteur de différentes publications de Chimie (Cétimines, etc.); et M. **Marcel Murat**, Docteur de l'Université de Toulouse, préparateur à la Faculté des Sciences de Toulouse, auteur de différentes publications de Chimie (réactions catalytiques).

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Bourquelot, Carnot, Schlœsing, Maquenne; Haller, rapporteur.)

M. **René Locquin** est, parmi nos jeunes organiciens, un des plus avisés et des plus pénétrants. Ancien élève et collaborateur du regretté Bouveault, il marche sur les traces de son maître et lui fait honneur (¹).

Sa thèse sur l'action de l'acide nitreux et de ses dérivés sur les éthers β-cétoniques α-substitués a été très remarquée et lui a valu, à l'époque le prix de Chimie organique de la Société chimique de France. Elle nous a fourni des méthodes simples de préparation des α-oximidocétones, des α-dicétones, des éthers α-aminés, etc. Grâce à ces méthodes, M. Locquin a pu étudier avec un soin particulier l'acide méthyléthylpyruvique et ses dérivés, en particulier la leucine correspondante. Cette leucine a été dédoublée et l'un des deux isomères s'est montré identique à la leucine découverte par Ehrlich dans les mélasses de betteraves; il a donc réalisé la synthèse totale de cette leucine active. Poursuivant ses recherches synthétiques en utilisant la méthode si féconde de M. Grignard, M. Locquin a préparé l'alcool isoamylique qu'il a caractérisé au moyen de la semicarbazone de son éther pyruvique.

(¹) Ses premières recherches ont porté sur l'action des éthers chlor- et bromacétiques sur l'hexaméthylène tétramine, recherches qui ont abouti à la préparation régulière des chlorhydrate et bromhydrate de glycocollate d'éthyle.

Ses travaux sur l'acide propylsuccinique, son beau Mémoire sur l'α-méthyllaurénone, nouvelle cétone du camphre et isomère de la camphrorone, ses observations sur les procédés de préparation des acides terpénylique et térébique, son étude de l'acide *cis*-carbonique et quelques-uns de ses dérivés, etc., témoignent d'une maîtrise consommée dans l'art si difficile du chimiste organicien.

Les recherches que nous venons d'énumérer lui sont propres et ne comprennent pas moins de 18 Notes et Mémoires parus dans nos grands recueils scientifiques. Son œuvre la plus étendue est toutefois celle qu'il a accomplie avec son maître, M. Bouveault, dont il a été le collaborateur fidèle et dévoué pendant une période interrompue de 10 années. Au cours de ce travail en commun, les deux savants ne publièrent pas moins de 36 Mémoires sur les sujets les plus divers et les plus délicats de la Chimie aliphatique.

Appelé, à la mort de son maître, à Lyon, il poursuivit ses recherches avec la même ardeur, tantôt seul, tantôt avec la collaboration de M. Barbier. Cette collaboration ne fut pas moins féconde que celle avec M. Bouveault. Depuis l'année 1911 jusqu'en 1914 ne parurent, en effet, pas moins de 11 Notes dans nos *Comptes rendus* et dans le *Bulletin* de la Société, dues à sa plume et à celle de M. Barbier. La guerre seule a interrompu cette activité, M. **Locquin** ayant été fait prisonnier dès le début des hostilités. Les titres qu'il a acquis avant juillet 1914 ont paru plus que suffisants pour mériter le prix Houzeau que la Commission propose de lui décerner.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix; Depéret, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Frédéric Roman**, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Lyon, pour l'ensemble de son œuvre géologique et paléontologique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; Émile Haug, rapporteur.)

M. **Léonce Joleaud**, maître de conférences de Géologie et de Paléontologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, est un naturaliste de race. Dès sa prime jeunesse, il fut initié aux sciences d'observation par son père, l'intendant militaire Alexandre Joleaud, lui-même géologue passionné et zoologiste de talent, qu'il accompagna dans ses séjours en Algérie et en Tunisie, et qui l'associa bientôt à ses travaux. Rentré en France, M. Léonce Joleaud prit son grade de licencié à la Sorbonne, tout en consacrant ses vacances à l'étude géologique de la plaine du Comtat. Il en publia les résultats dans une série de Mémoires stratigraphiques et paléontologiques, dont le premier date de 1905. Il s'y affirme déjà observateur sagace et paléontologiste érudit. Mais cette région, où l'avaient précédé les premières autorités en matière de terrains néogènes, ne pouvait lui fournir le sujet d'une thèse de doctorat. Il était d'ailleurs hanté par le souvenir du pays où il avait fait ses premières armes, et c'est à l'Afrique du Nord qu'il devait, jusqu'à la guerre, consacrer désormais toute son activité; c'est dans les montagnes de Philippeville et de Constantine qu'il allait chercher les matériaux de cette thèse. Le Service de la Carte géologique d'Algérie fut bien inspiré en se l'attachant comme collaborateur; il lui doit déjà cinq feuilles de la Carte au $\frac{1}{50000}$, sans compter de nombreuses autres, encore inédites. De 1905 à 1914, M. Joleaud consacra tous les ans 8 à 10 mois aux travaux sur le terrain. C'est seulement après des efforts aussi prolongés qu'un pays de structure aussi compliquée pouvait livrer tous ses secrets.

Bien qu'elle ait fait l'objet de travaux paléontologiques classiques, la région était à peine connue au point de vue stratigraphique. M. Joleaud y signala de nombreux gîtes fossilifères nouveaux et put établir une chronologie rigoureuse des terrains sédimentaires. Il reconnut l'existence, dans le Crétacé, de deux séries bien différentes par leurs faciès : une série A, composée exclusivement de formations bathyales, et une série B, principalement composée de formations néritiques. Le contraste est surtout frappant pour les terrains éocrétacés et néocrétacés; il se retrouve, bien qu'atténué, dans les terrains néocrétacés et nummulitiques. La série A caractérise la chaîne

Numidique, c'est-à-dire les montagnes du Tell; la série B se rencontre exclusivement dans les plateaux de Constantine. Dans la région intermédiaire, la série A recouvre la série B sous la forme d'une nappe de charriage. C'était là une constatation tout à fait capitale, qui devait plus tard fournir une des bases de la synthèse tectonique de l'Afrique du Nord.

En restituant les divers faciès dans leur situation primitive, et en étendant à toute l'Algérie et à la Tunisie les cartes schématiques des zones bathymétriques qui se succèdent du Nord au Sud, M. Joleaud a pu, en outre, établir sur des bases toutes nouvelles l'étude paléogéographique de l'Afrique du Nord au cours des époques crétacée, nummulitique et néogène.

Dans la région de Constantine, les faunes crétacées sont particulièrement riches. M. Joleaud en donne des listes très complètes, établies avec un soin minutieux et témoignant de connaissances paléontologiques très étendues. Il s'est acquis, depuis longtemps, une véritable spécialité en matière de Céphalopodes éocrétacés et de Cirripèdes néogènes; mais, dans les dernières années, c'étaient surtout les Mammifères fossiles de l'Afrique septentrionale qui retenaient son attention et l'amenaient à tirer des conclusions capitales dans le domaine paléogéographique.

Il y a lieu de mentionner encore de lui quelques Notes de Préhistoire et de Géographie physique, pleines d'aperçus ingénieux.

La guerre interrompit brusquement cette belle activité scientifique. Capitaine au 414e régiment d'infanterie, M. Léonce Joleaud eut sur le front une conduite héroïque, qui lui valut la croix de la Légion d'honneur et la croix de Guerre. Il eut la chance de guérir des terribles blessures reçues à Souchez et fut appelé, en 1917, à la Faculté des Sciences de Paris comme suppléant de M. Gentil, puis succéda, en 1918, au regretté Thevenin dans les fonctions de maître de conférences de Paléontologie au même établissement. Dans l'intervalle, il accompagna M. Maurice Lugeon et M. Louis Gentil au Maroc et en Tunisie, et le résultat de cette collaboration fut une série de Notes aux *Comptes rendus*, qui jettent les bases d'une nouvelle interprétation tectonique de toute l'Afrique du Nord.

La Commission propose d'attribuer le prix Victor Raulin à M. **Léonce Joleaud**, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; Barrois, rapporteur.)

Le *Rapport général sur l'Industrie française*, que vient de publier la *Direction des Études techniques du Ministère du Commerce*, déclare le problème de la houille l'un des plus graves, si ce n'est le plus important, que notre pays ait à résoudre. La France manque de charbon, matière première base de toute industrie ! Elle se trouve en présence d'un déficit de charbon d'au moins 25 millions de tonnes par an, elle paie la tonne de charbon plus cher qu'aucun autre pays ! Dans cette situation particulièrement difficile où se trouve l'industrie française d'après-guerre, du fait de l'insuffisance de la production houillère du pays, l'atribution du prix Joseph Labbé, à un savant ayant efficacement contribué à mettre en valeur les richesses minières de la France, sera particulièrement bienvenue.

Parmi les recherches poursuivies dans cette voie, au cours des dernières années, celles de M. **Pierre Pruvost** nous ont paru mériter une attention particulière par leur importance, leur caractère de netteté et de précision. Laissant de côté, comme prématurés, les essais synthétiques déjà nombreux dont le bassin houiller du Nord a été l'objet, il a montré qu'une étude analytique complète devait d'abord en être faite; il s'y est employé avec beaucoup de zèle et de science, un esprit critique et avisé, et il est arrivé à poser des fondements solides pour les futures généralisations.

Le bassin houiller du Nord de la France réclame toujours, il faut le reconnaître, de nouvelles études; nous ne connaissons encore ni le nombre des veines de charbon qu'il renferme, ni leur parcours, ni leurs changements de puissance et de nature d'un de ses bords à l'autre. Pas plus les grands travaux exécutés par les exploitants que les belles études poursuivies par les ingénieurs du corps des Mines, ou les méthodes adoptées jusqu'à ce jour dans les diverses recherches, ne se sont montrés suffisants à donner la solution du problème structural : il importe d'essayer, pour en dévoiler le secret, l'emploi des méthodes géologiques et une application plus générale des lois de la Paléontologie, étendue à tous les groupes, loin d'être limitée aux plantes qui ont formé le charbon. C'est le travail qu'a tenté M. P. Pruvost, de telle sorte qu'au lieu d'étudier dans le bassin les veines de charbon qu'on exploite, il a concentré son attention sur les intervalles

stériles qui les séparent, cherchant à fixer au fond de la mine leur composition, leur extension et leur variation.

En outre de leurs caractères physiques et chimiques que savent reconnaître, quelques fugaces qu'ils soient, les mineurs expérimentés, les veines de charbon présentent des traits distinctifs dans les conditions génétiques, terrestres, limniques ou marines qui ont présidé au dépôt de leur toit, c'est-à-dire dans les caractères paléontologiques de la couche stérile qui les recouvre immédiatement. Ce caractère généralement négligé a sur les précédents l'avantage d'être moins variable. Tandis que la composition chimique d'une veine, sa puissance, sa structure, se modifient *toujours* quand on la suit sur une étendue suffisante, certains toits ont offert à M. P. Pruvost des *caractères constants* dans tous les points observés. Cette constance s'explique logiquement puisqu'elle est en relation avec le mode de formation, reconnaissable aux débris fossiles ensevelis, qui vécurent tantôt à l'air libre (en des marais tourbeux), tantôt dans des eaux douces (grands lacs), ou dans la mer.

Trois séries différentes de témoins ont ainsi vécu les phases de l'histoire houillère, limités de par leur organisation à habiter, soit les eaux marines, soit les eaux douces ou enfin au grand air, étrangers les uns aux autres, bien que synchroniques, devant tous leurs caractères à l'hérédité et rien à leurs contemporains : chacune de ces trois séries d'êtres a enregistré à sa façon, mais d'indépendante manière, la succession des phases historiques du bassin, en nous introduisant par leur mutuel contrôle, dans le domaine de la science expérimentale.

Ainsi, il a été possible de donner une classification générale des veines du bassin, basée sur les caractères paléontologiques des stampas qui les séparent. Dans les études qu'il a faites de ces faunes, M. Pierre Pruvost ne s'est pas borné, suivant l'usage courant des géologues, à la détermination des mollusques; il s'est livré à la fois à l'investigation de tous les êtres dont il trouvait des débris, ceux qui habitaient les eaux douces (poissons, crustacés, mollusques), comme ceux qui vivaient dans les airs (insectes, arachnides). Cette étude détaillée des différentes espèces de fossiles et de leur répartition dans les faisceaux, a donné un résultat pratique immédiat, en mettant à la disposition du mineur un instrument de travail nouveau, une méthode susceptible de le guider dans la recherche et la mise en valeur de son gisement. M. Pierre Pruvost a établi, en effet, que la répartition des faunes et des niveaux d'eau douce ou subaériens, jusqu'alors négligée, livre des repères précieux d'une grande généralité dans le bassin; que ces

faunes fournissent en réalité à l'exploitant trois sortes de repères : 1° dans la présence de niveaux à fossiles propres; 2° dans celle de couches caractérisées par le degré d'évolution de la faune; 3° dans les relations de position de ces couches avec les voisines formées dans des conditions différentes.

Le travail produit par l'auteur est le fruit de huit années de labeur, intensif et continu, fécond entre tous pour les régions du Nord dévastées par l'occupation ennemie. C'est une œuvre stratigraphique et paléontologique, étendue et précise, qui a exigé à la fois une sérieuse préparation zoologique pour aborder des recherches spéciales approfondies sur des sujets si divers que la morphologie des insectes, des crustacés, des arachnides, des mollusques, des poissons, et une préparation géologique très complète peut faire face à toutes les difficultés d'observation et d'interprétation qu'on rencontre au fond des mines. On doit à M. Pierre Pruvost de nombreuses observations nouvelles pour la science, une très fine analyse stratigraphique et toute une série d'aperçus originaux sur la géologie et la tectonique, qui assurent à ses conclusions une très haute valeur documentaire pour le bassin houiller du Nord et pour l'époque houillère en général.

Le propre de son œuvre est d'avoir abordé une étude géologique spéciale par des côtés très divers, d'y avoir fait la preuve de connaissances remarquablement étendues, d'y avoir réalisé des progrès dans des directions divergentes, intéressant à la fois les deux sciences de la Géologie et de la Paléontologie, et utiles pour l'économie nationale; enfin, d'avoir montré une fois de plus que si la science géologique tire profit des travaux de l'ingénieur pour faire de nouveaux progrès, elle rend à son tour service à l'industrie en interprétant les résultats obtenus par l'exploitation, en indiquant la voie à suivre pour les prospections nouvelles.

La Commission propose l'attribution du prix Joseph Labbé à M. **Pierre Pruvost** pour ses travaux sur le terrain houiller du nord de la France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commisaires : MM. Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le Prince Bonaparte; Guignard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Edmond Perrier, Bouvier, le Prince Bonaparte; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de décerner :

Un prix de *mille francs* à M. **Fernand Moreau**, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris, pour ses recherches sur la reproduction des Mucorinées, sur les Lichens et les Urédinées;

Un prix de *cinq cents francs* à M. **Gabriel Arnaud**, sous-directeur de la station de Pathologie végétale de Paris, pour sa monographie des Astérinées.

Parmi les travaux soumis par M. **Moreau** au jugement de l'Académie, il y a lieu de retenir plus spécialement : 1° *Recherches sur la reproduction des Mucorinées;* 2° *Recherches sur les Lichens de la famille des Peltigéracées* (en collaboration avec Mme Moreau); 3° *Les Urédinées du groupe* Endophyllum (en collaboration avec Mme Moreau).

On sait depuis longtemps que les zygospores des Mucorinées résultent de la fusion de deux filaments copulateurs ayant la forme d'ampoules; mais les phénomènes intimes de la fécondation qui accompagnent cette reproduction sexuelle n'ont été découverts qu'à une date récente.

M. Moreau a donné à ces caractères de la fécondation, qui n'avaient été décrits que chez deux espèces, *Mucor fragilis* et *Sporodinia grandis*, une valeur générale pour toute la famille; ses observations ont porté sur douze espèces appartenant à sept genres différents.

Partout, les zygospores sont multinucléées dès le début de leur formation; des mitoses s'y produisent; plus tard, des noyaux dégénèrent, d'autres se fusionnent par paires. Il n'existe à cet égard aucune différence entre les Mucorinées, qu'elles soient isogames ou hétérogames, homothalliques ou hétérothalliques. Le nombre des énergides sexuels est plus ou moins grand suivant les espèces : chez l'une d'elles, il se réduit à deux ou à quatre, ce qui rappelle les variations observées dans l'oogone des Saprolégniées.

La théorie ancienne de Stahl, suivant laquelle les Lichens présentent à l'origine des apothécies une fécondation par ascogone, trichogyne et spermatie, conserve encore des défenseurs.

M. et Mme Moreau, dans leurs recherches sur les Peltigéracées, ont constaté que l'ascogone n'est accompagné d'aucune anthéridie; il n'existe pas davantage de trichogyne, et la seule fusion nucléaire qui se produit est celle que l'on observe lors de la formation des asques : on rentre ainsi dans le cas général des Champignons autonomes.

En ce qui concerne les réactions réciproques de l'Algue et du Champignon, les auteurs, s'appuyant sur certains faits qu'ils ont observés chez les Peltigéracées, ne s'en tiennent pas à l'opinion classique de la symbiose : il leur paraît que les Lichens doivent être considérés comme des champignons malades atteints par un agent infectieux qui est l'algue.

Le genre *Endophyllum*, qui fait partie des Urédinées, a fourni à M. et Mme Moreau le sujet d'une intéressante étude sur les variations du nombre des noyaux dans les diverses espèces de ce genre : la karyogamie disparaît; il en est de même de la duplication des noyaux; on arrive ainsi à des espèces qui ne possèdent qu'un seul noyau dans leurs cellules pendant tout leur développement.

A un moment où différentes opinions se manifestent au sujet de la signification de la structure haploïde et de la structure diploïde dans les phénomènes d'alternance, ces constatations ne sauraient passer inaperçues.

Ces recherches, qu'il s'agisse des Mucorinées, des Urédinées ou des Lichens, fournissent une contribution importante à la connaissance de l'évolution nucléaire; par l'emploi d'une technique irréprochable, elles présentent un caractère de précision remarquable.

Aussi, votre Commission, rappelant que l'Académie a déjà eu l'occasion de récompenser les recherches de Mme Moreau sur les Urédinées (prix Thore), vous propose-t-elle d'accorder cette année, sur le prix Montagne, une somme de *mille francs* à M. MOREAU pour l'ensemble de ses travaux.

M. Arnaud a patiemment élaboré la monographie d'un groupe de champignons, les *Astérinées*, dont la plupart sont exotiques, ce qui entraîne pour leur étude de très grandes difficultés.

Tout d'abord, l'auteur a bien soin de nous prévenir que les Astérinées ne constituent pas un groupe systématique défini; l'ensemble ne paraît homogène que par suite de phénomènes de convergence ayant porté sur diverses familles de Pyrénomycètes, phénomènes dus à des conditions de milieu semblables, parmi lesquelles le climat pluvieux joue, semble-t-il, un rôle prépondérant.

Le caractère des Astérinées nous met de suite en présence de la complexité d'un tel travail. On ne peut, en effet, retrouver les affinités réelles et la parenté des diverses et nombreuses formes à facies astérinéen que par une étude complète de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur, sans négliger la distribution géographique et les conditions d'habitat.

M. Arnaud a étudié de nombreux genres, dont plusieurs sont nouveaux; citons-en quelques-uns dédiés à des savants français, par exemple les *Hariotula*, *Seynesiella*, *Patouillardina*, *Manginula*, *Prillieuxina*, etc.; les détails relatifs à la structure et à l'organisation de chaque espèce sont consignés dans une Planche; l'Atlas qui accompagne cette monographie renferme ainsi plus de 50 Planches dans lesquelles la précision du naturaliste s'allie sans contrainte au talent de l'artiste.

Il serait trop long de suivre l'auteur dans toutes ses descriptions; bornons-nous à dire que la première Partie est consacrée à la Morphologie comparée des champignons astérinoïdes, qu'ils soient stolonifères ou rhizomateux; c'est dans cette partie que sont étudiés successivement le Mycélium, qu'il soit externe ou interne, les différents suçoirs, les ascostromes et les périthèces, etc.

La deuxième Partie comprend la Systématique et la Morphologie spéciale des champignons astérinoïdes; l'auteur a surtout essayé de donner un exposé logique de la famille des Microthyriacées, en partant du genre *Protothyrium;* il a aussi créé la famille des Parodiellinacées pour quelques espèces voisines; des comparaisons utiles avec les Dothidéacées sont développées longuement.

La troisième Partie se rapporte à la Climatologie et à la distribution géographique; les considérations que l'on y trouve, sans viser à une rigueur absolue, fourniront d'utiles renseignements, en particulier sur le rôle de la pluie dans la distribution géographique des espèces.

Ce Mémoire est rempli de faits nouveaux ou très imparfaitement connus

jusqu'ici; il renferme des considérations judicieuses sur la classification, le groupement et les affinités des divers genres de Pyrénomycètes étudiés : c'est un travail de valeur qui n'a pu être mené à bonne fin que par un mycologue spécialisé dans les questions de phytopathologie.

M. Arnaud est, en effet, depuis plusieurs années déjà, attaché à la Station de Pathologie végétale de Paris : pendant la guerre, il a assumé la détermination des nombreux parasites qui attaquent nos cultures; il a eu ainsi l'occasion d'observer un grand nombre de faits intéressants, dont il a consigné les résultats dans diverses Notes et Mémoires justement appréciés.

Votre Commission vous propose d'accorder la seconde partie du prix Montagne, d'une valeur de *cinq cents francs*, à M. **Arnaud**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Edmond Perrier, Bouvier, le Prince Bonaparte; Dangeard, rapporteur.)

Au cours de ses Recherches dans le domaine de la Parasitologie et de l'Hygiène, le professeur **Auguste Sartory**, de Nancy, a eu fréquemment l'occasion de rencontrer des espèces nouvelles de Mucédinées : elles appartiennent pour la plupart aux genres *Penicillium*, *Aspergillus*, *Citromyces*. Pour chacune de ces espèces, l'auteur ne s'est pas borné à une étude morphologique de l'appareil végétatif et des organes de fructification : il a indiqué, d'une façon très complète, les conditions de sa culture et les principaux caractères biologiques.

C'est avec le même souci de l'exactitude que M. Sartory s'est attaché à décrire, sous le nom d'*oosporoses*, des affections dues à des organismes filamenteux appartenant au genre *Oospora :* ces champignons qui, par certains côtés, rappellent les Bactériacées, sont très répandus dans le sol, dans l'air et dans l'eau; ils sont d'ordinaire inoffensifs, mais ils peuvent facilement devenir pathogènes (*Oospora buccalis*, *Oospora pulmonalis*, etc.).

En relation avec les questions de symbiose, qui semblent devoir prendre en Biologie une importance de plus en plus grande, l'auteur nous a fait connaître une Levure appartenant au genre *Willia*, qui ne sporule dans les

cultures qu'en association avec une Bactérie déterminée; la présence d'une Bactérie serait également utile, sinon nécessaire, à la formation des périthèces chez un champignon appartenant au genre *Aspergillus*.

M. Sartory a aussi étudié l'influence de l'agitation sur les champignons inférieurs : par des secousses répétées, imprimées aux cultures, il a obtenu chez d'assez nombreuses Mucédinées des déformations du thalle et des modifications plus ou moins profondes dans l'appareil reproducteur : toutes ces tranformations disparaissent plus ou moins rapidement lorsqu'on replace ces organismes dans les conditions ordinaires d'existence.

Votre Commission vous propose d'attribuer cette année à M. **Sartory** le prix Thore, pour l'ensemble de ses publications en Botanique cryptogamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOQ.

(Commissaires : MM. Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le Prince Bonaparte; Guignard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le Prince Bonaparte; Lecomte, rapporteur.)

La Pathologie des Phanérogames, surtout dans les cas très nombreux où la plante réagit contre les attaques des êtres vivants, constitue une branche particulièrement intéressante de la Botanique. Cette réaction se manifeste par la production de galles ou cécidies : mycocécidies quand le parasite est un champignon, zoocécidies quand il s'agit d'un organisme animal, larve d'insecte ou acarien le plus souvent.

C'est à la poursuite et à l'étude des zoocécidies des Phanérogames que M. C. **Houard** s'est attaché depuis près de vingt ans, et il a trouvé dans ces recherches spéciales, un vaste champ d'études pour saisir, analyser et mesurer les réactions biologiques de la plante contre les irritations physico-chimiques provoquées par les parasites animaux.

Les premières recherches de M. C. Houard datent de 1903 et elles se rapportent au développement et à l'histologie des galles. Partant du cas le plus simple, celui de la tige, soumise tant à l'extérieur que dans sa région interne, à l'attaque d'un cécidozoaire, M. C. Houard a mis en évidence la réaction de cette partie du végétal par les phénomènes d'hypertrophie et d'hyperplasie qui s'y développent et aboutissent à la formation d'un néoplasme. Il a su déceler le mode de nutrition des tissus gallaires, la modalité suivant laquelle la cicatrisation panse peu à peu la blessure faite au végétal et enfin montrer les rapports de ces phénomènes avec l'évolution et la métamorphose du parasite.

En 1905, M. C. Houard complétait ces recherches par l'examen du cas plus complexe des galles terminales des tiges (acrocécidies caulinaires) et par l'étude de quelques galles de racines, de feuilles, de fleurs et de fruits.

En même temps, il était amené à étendre le champ géographique de ses investigations, et aux galles de notre région il ajoutait celles du midi de la France, de la Corse, du bassin de la Méditerranée et enfin de l'Algérie et de la Tunisie, où il fit, de 1900 à 1910, plusieurs voyages fructueux.

La documentation exceptionnellement abondante que M. Houard avait ainsi rassemblée lui permit de faire paraître, en 1908 et 1909, les deux premiers Volumes de ses Zoocécidies des plantes d'Europe et du bassin de la Méditerranée. Un troisième Volume venait, en 1913, compléter cet ensemble qui fournit, pour plus de 7000 galles, des descriptions détaillées, des indications bibliographiques précises, des données concernant la répartition géographique et enfin, pour beaucoup d'entre elles, des figures originales.

Cette œuvre considérable est aujourd'hui bien connue, et les publications de M. Houard sont devenues indispensables aux botanistes et zoologistes, aux forestiers, aux agriculteurs et, enfin, à tous ceux qui s'occupent de Pathologie végétale. Elles ont fait éclore un grand nombre de travaux de cécidologie se rapportant aux plantes d'Europe et surtout de la région méditerranéenne.

Dans ces dernières années, et malgré ses occupations professionnelles, M. Houard a étendu son œuvre par une belle contribution aux *zoocécidies de la Corse* (1914), par sept Mémoires sur les *galles de l'Afrique occidentale française* (recueillies par son frère, M. A. Houard), par un important travail, abondamment illustré, consacré aux *galles du Congo français*

(recueillies par l'administrateur Le Testu). Un autre travail est consacré aux *zoocécidies de l'Afrique australe*, d'autres à celles de *l'Indo-Chine et de la Chine* (d'après les matériaux recueillis par le service de Botanique du Muséum). Enfin, M. Houard a consacré deux Mémoires très importants aux *galles de la Nouvelle-Calédonie* (1915-1917) et, dans ces Mémoires, il décrit et figure plus de deux cents galles inédites, rencontrées soit par lui-même dans l'herbier Vieillard, qui appartient à l'Université de Caen, soit par M. Guillaumin, dans les collections du Muséum d'Histoire naturelle.

Toutes les galles, étudiées par M. Houard, ont été réunies par lui dans une grande *Collection cécidologique*, qu'il a créée dès 1911 au Laboratoire d'Entomologie du Muséum, et dans laquelle il a fait entrer les herbiers de galles de Giraud, de Fairmaire, de Sichel, ainsi que les récoltes de Verreaux et celles plus récentes de MM. Marchal, Seurat et Pitard. Il y a joint sa collection personnelle, riche d'un millier de numéros et il a su ainsi créer au Muséum pour le plus grand profit de la Pathologie végétale, la collection cécidologique la plus complète et la mieux ordonnée.

L'œuvre de M. C. Houard, ainsi étendue à toute la cécidologie des Phanérogames d'Europe et de nombreux pays extra-européens, se caractérise par une haute précision, jointe à une méritoire persévérance dans la recherche. Féconde en résultats acquis et riche en promesses, elle nous semble digne d'être hautement encouragée par l'Académie et votre Commission des prix de Botanique propose d'attribuer le prix de Coincy à M. **Clodomir Houard**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le Prince Bonaparte; Costantin, rapporteur.)

Le problème de l'absorption des glucosides sur lequel M. **Raoul Combes** a porté ses efforts a une grande importance pour la Physiologie végétale. Pour mener à bien une pareille étude difficile, une nouvelle technique de culture en milieu aseptique devait être précieuse. Ce qu'il y a d'original et de caractéristique dans celle imaginée par M. Combes, c'est de faire commencer la germination des plantes sur lesquelles il expérimente en milieu

rigoureusement stérile, puis de découvrir les tiges de manière que l'évolution des organes aériens s'achève à l'air libre, les racines continuant à croître indéfiniment en milieu aseptique. Son appareil est ingénieux et simple et lui a donné pleine satisfaction.

Les glucosides étudiés par M. Combes (saponine de Gypsophile, agrostemmasaponine de la Nielle, amygdaline) exercent une action nocive sur les racines de la plupart des plantes se trahissant par une chute précoce des poils radicaux, des plissements superficiels de la surface, un aspect coralloïde des appareils radiculaires, une diminution de la production de la substance sèche de tous les organes. Il est remarquable de constater que la Nielle, par contre, résiste à l'action de doses 1000 fois plus fortes d'agrostemmasaponine que celles qui nuisent au Pois. Il y a donc une immunité manifeste de la Nielle vis-à-vis du glucoside qu'elle produit, immunité liée à l'imperméabilité des tissus superficiels de cette plante vis-à-vis d'une substance élaborée par elle. Ce résultat s'accorde avec l'opinion des physiologistes qui admettent que la formation des glucosides est un phénomène qui tend à constituer des corps capables de s'accumuler dans les cellules, mais ne pouvant traverser les membranes avant d'avoir été hydrolysés.

L'étude des glucosides se trouve intimement liée à celle de la pigmentation des végétaux, car leur coloration est due aux glucosides anthocyaniques. Comment se forme l'anthocyane qui contribue à donner aux feuilles leurs riches coloris d'automne et aux fleurs la gamme infinie de leurs nuances? Les travaux de M. Combes conduisent à un progrès important sur cette question. Depuis 1825, on affirmait que l'anthocyane naît d'une oxydation. Une telle manière de voir avait reçu récemment un appui de la théorie des pigments respiratoires dont le retentissement et le succès ont été très grands : les pigments glucosidiques jaunes pyroniques, les chromogènes, se transformaient par une oxydase en anthocyane. Cette théorie, qui semblait en harmonie avec des faits empruntés au domaine de la génétique relevant de la loi de Mendel, ne s'accordent pas avec les résultats expérimentaux solidement établis par M. Combes, d'après lesquels, pour passer d'un pigment jaune d'une Vigne vierge au pigment rouge, il faut traiter une solution alcoolique de ce flavone acidifié par l'acide chlorhydrique au moyen de l'hydrogène naissant par l'amalgame de sodium. La substance rouge pourpre ainsi obtenue a été identifiée à l'anthocyane naturelle. La formation de la teinte automnale comporte donc un processus de réduction et non d'oxydation. Le complément de la démonstration a été donné en oxydant le pigment rouge en solution alcoolique au moyen de l'eau oxygénée, on

repasse au composé jaune. Ces résultats, qui ont été confirmés par les travaux récents de M. Willstätter et de M. Everest, ouvrent, semble-t-il, à la Physiologie végétale une voie qui promet d'être féconde en aperçus nouveaux.

La Commission à l'unanimité propose le nom de M. **Raoul Combes** pour le prix Jean de Rufz de Lavison.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Bouvier, Marchal, Grandidier, Laveran, le Prince Bonaparte; Henneguy, rapporteur.)

Le Dr **J. Jolly**, directeur du Laboratoire d'Histologie des Hautes Études pratiques au Collège de France, après avoir étudié l'histogenèse du sang, s'est consacré depuis plusieurs années à des recherches sur les organes lymphoïdes, ganglions lymphatiques, rate, oganes lympho-épithéliaux, thymus et bourse de Fabricius. Il a démontré que la structure fondamentale des ganglions lymphatiques des Oiseaux est celle d'un tube représentant le lymphatique originel, sur lequel s'est formé le ganglion : ce sont des ganglions tubulés. La disposition des vaisseaux afférents et efférents est inverse de celle des ganglions d'un Mammifère et elle est aussi beaucoup plus simple : le ganglion de l'Oiseau n'est que la transformation lymphoïde de la paroi d'un lymphatique. Dans la rate, M. Jolly a découvert une disposition très curieuse de la paroi des sinus veineux permettant au sang de passer dans la pulpe. Cette paroi a la structure d'une sorte de tamis formé de fibres entrecroisées à angle droit, disposition qui joue pour le système veineux splénique le rôle d'une soupape de sureté, rôle analogue à celui que jouent les épaisses gaines terminales des artères,

décrites chez certains animaux, et dont la signification était inconnue. Ces gaines, M. Jolly les a étudiées particulièrement dans la rate des Oiseaux où elles constituent un rétrécissement inextensible, protégeant le système veineux contre les coups de pression et favorisant une stase dans les veines.

La bourse de Fabricius des Oiseaux est constituée par un diverticule du cloaque contenant de nombreux follicules lymphoïdes. C'est un organe transitoire, dont l'évolution se produit au moment de la maturité sexuelle, mais qui persiste quelquefois sous forme d'un minuscule cæcum cloacal. L'étude de l'histogenèse et de l'involution de la bourse de Fabricius a conduit M. Jolly à grouper, sous le nom d'*organes lympho-épithéliaux*, un certain nombre d'organes lymphoïdes dans lesquels le tissu éphithélial forme la charpente qui soutient les lymphocytes. Dans ce groupe, la bourse de Fabricius forme, avec le thymus des Téléostéens, le chaînon qui rattache les différentes formations amygdaliennes au thymus des Mammifères. Les follicules de la bourse, dont l'aspect rappelle celui des follicules du thymus, sont formés par une substance corticale et une substance médullaire. La première est seule d'origine mésodermique, la seconde est d'origine endodermique : elle ne contient ni tissu conjonctif ni vaisseaux; elle est formée par un bourgeon épithélial de structure réticulée qui sert de support aux lymphocytes. Cette disposition est rendue très évidente par l'étude de l'involution physiologique et expérimentale. A l'aide de l'inanition ou des rayons X, on peut détruire exclusivement les lymphocytes et transformer les follicules en petits bourgeons épithéliaux. L'organe prend alors l'aspect d'une ébauche glandulaire, comme au moment de sa formation.

Ces faits éclairent la solution du problème de la nature et de l'histogenèse du thymus. Comme la bourse de Fabricius, le thymus est un organe lympho-épithélial, c'est-à-dire un organe dans lequel le tissu lymphoïde et le tissu éphitélial se sont associés et adaptés l'un à l'autre. Cette constitution est plus frappante dans la bourse de Fabricius, parce que chez elle, contrairement à ce qui se passe dans le thymus, le bourgeon épithélial reste en continuité avec le revêtement qui lui a donné naissance, tandis que, dans le thymus, l'ébauche épithéliale primitive se sépare de la matrice et subit des remaniements considérables. Chez la plupart des Poissons osseux, cependant, le thymus reste en continuité avec l'épithélium pharyngé; ce thymus plus simple a beaucoup d'analogie avec la bourse de Fabricius de certains Oiseaux.

Le thymus et la bourse de Fabricius ne sont pas les seuls organes dans lesquels on peut observer cette pénétration intime d'un tissu épithélial par

des cellules lymphoïdes d'origine mésenchymateuse : les follicules clos, les plaques de Peyer, les diverses amygdales en montrent des exemples plus simples. Dans la bourse de Fabricius et le thymus, cette association a pris un caractère plus intime.

Il est probable que cette symbiose des lymphocytes et de la charpente épithéliale peut jouer un rôle particulier. La rapidité et la grandeur de leur atrophie pendant le jeûne permettant de supposer que ces tissus contiennent des réserves utilisées par l'organisme pendant l'inanition.

Les recherches de M. Jolly sur les organes lymphoïdes constituent une œuvre de longue haleine dans laquelle il a fait marcher de pair l'observation et l'expérimentation. Il a poursuivi et heureusement atteint le but vers lequel tend l'Histologie moderne, c'est-à-dire l'Histophysiologie, la recherche des propriétés biologiques des cellules et des tissus. Elles lui font le plus grand honneur et éclairent d'une manière remarquable la constitution et les fonctions d'organes jusqu'ici énigmatiques.

La Commission propose de décerner le prix Cuvier à M. **Jolly**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Laveran, le Prince Bonaparte; Yves Delage, rapporteur.)

M. **Louis Boutan**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, est essentiellement un naturaliste voyageur.

Dès 1880, embarqué à bord d'un navire de guerre, *Le Finistère*, il a fait un voyage de 18 mois en Australie. Il a parcouru les plaines du Murray, les gisements aurifères de Bendigo et de Ballarat, les Montagnes bleues, les baies de Port Philipp et de Port Jackson. Son retour en France s'est effectué par le détroit de Torrès où il a visité de nombreux atolls.

Sur la demande du Service de l'Agriculture, il a recueilli dans les plaines du Murray les semences des plantes salées qui, pendant la saison sèche, représentent la nourriture des moutons australiens. Des essais d'acclimatation ont été tentés sur les hauts plateaux algériens par M. Prillieux à l'aide de ces graines provenant des principaux atriplex qui constituent le Salt Bush.

Dans les vignes du district de Geelong (province de Victoria) il a reconnu la présence du Phylloxera et il a rédigé un Mémoire inséré dans les *Comptes rendus du Parlement local* pour décrire le parasite, encore inconnu en Australie et les moyens employés en Europe pour le combattre.

En dehors des collections de fœtus de Marsupiaux, recueillies dans les Montagnes bleues, il a rapporté au Muséum plusieurs échantillons vivants de Marsupiaux (Dasyures, Phalangistes, Kanguroo-rats) qui ont figuré dans la ménagerie.

Une escale de 15 jours effectuée par le navire de guerre, en vue d'Aden et de Perim, lui avait permis de prendre contact avec les abords de la mer Rouge. Il avait pu récolter ainsi de beaux échantillons de Mollusques (*Aspergillum, Chama, Tridacna*) utilisés par Henri de Lacaze-Duthiers dans un de ses Mémoires.

M. Boutan avait vivement regretté de ne pouvoir explorer plus longuement ces régions si riches au point de vue zoologique; aussi, en 1891, il sollicita un congé pour faire un voyage dans la mer Rouge sans aucune subvention de l'État.

Son but, en choisissant la saison chaude, était d'étudier les animaux marins au moment de leur reproduction, ce qui lui a permis de poursuivre entre autres le développement du Parmophore.

Il a exploré, sur un boûtre arabe, frété par lui, les côtes du golfe de Suez jusqu'à Tor, les grottes chaudes d'Humoun ul Pharoun (où il a découvert le *Ptyodactylus Lacazei*) et les principaux récifs coralliens de cette région.

En dehors des matériaux utilisés par des zoologistes français (formes jeunes de *Tridacna* par H. de Lacaze-Duthiers, *Cerebratulus Boutani* par le professeur Joubin, *Holothuria Boutani* par le professeur Hérouard), M. Boutan a publié à la suite de ce voyage :

Note sur les formes larvaires du Parmophore (*Comptes rendus*, t. 113, 1891).

Le manteau et la coquille du Parmophore austral (*Revue biologique du Nord*, 1891).

Considérations sur le système nerveux de Nerita Polita (*Comptes rendus*, t. 114, 1892).

Voyage dans la mer Rouge (*Revue biologique du Nord*, 1892, 106 pages, 4 planches).

Excursion zoologique à la montagne de Humoun ul Faroun (*Archives de Zool. exp. et génér.*, 1892).

Mémoire sur le genre Ptyodactyle (*Revue biologique du Nord*, 1893, 36 pages et 1 planche).

Le système nerveux de Nerita polita *et de* Navicella porcellana (*Arch. de Zool. exp.*, 1893, 46 pages et 2 planches).

Ce voyage dans la mer Rouge a contribué à orienter les recherches de M. Boutan vers une étude un peu spéciale. Tout en consacrant un séjour de plusieurs mois dans les îles Baléares à étudier le plancton de la baie de Paluna et à faire de nombreuses pêches en profondeur dans les environs du cap Creus [*Sur la pêche pélagique en profondeur*, en collaboration avec M. Racovitza (*Comptes rendus*, t. 119, 1895)], il essaya de traduire l'impression que lui avait fait éprouver la richesse de la mer Rouge à l'aide de la photographie sous-marine ([1]).

Son goût pour les voyages persistait cependant, et, au moment de l'expédition militaire de Madagascar, il organisa une mission scientifique qui devait remonter jusqu'à Tananarive à la suite de l'armée française. Cette mission, subventionnée par l'Instruction publique, était sur le point de partir pour le Sud-Africain lorsque, à la suite d'un changement de Ministère, elle fut brusquement supprimée.

Étant données les difficultés auxquelles se heurta l'expédition militaire, je me demande si cette suppression ne fut pas une heureuse fortune pour M. Boutan qui, dans le courant de l'année 1903, fut désigné par l'Académie des Sciences pour diriger la mission permanente d'exploration scientifique en Indo-Chine.

Pendant ses quatre années de séjour en Extrême-Orient, M. Boutan a visité les principales régions du Tonkin; massif de Langson et du Caïkin; région de Tuyen-Quan et de la rivière Claire; région de Chi-né et du massif de la rivière Noire; la baie d'Along et le Delta.

Il a fait de longs séjours sur la côte d'Annam (Dong-hoi, Vinh, Than-hoa et Quinone).

Il a suivi le 20e degré de latitude de Thanhoa à Luong-Prabang à travers la région montagneuse des Hua-phan, traversant ainsi les bassins du Song-ma, du Song-Ca, et du Nam-Seng, affluent du Mékong qu'il a entièrement descendu en radeau pour gagner Luong-Prabanng.

Il a suivi le cours du Mékong (2100^{km}) pour rejoindre Saïgon, en

---

([1]) *La Photographie sous-marine* (Paris, Schleicher, 1900).

visitant le Laos, le Cambodge et la Cochinchine. Dans un autre voyage il a remonté le cours du Sonya, rejoint la rivière Noire à Suyut pour redescendre par Cho-bo, Vietry et le fleuve Rouge jusqu'à Hanoï.

Dans l'intervalle de ses voyages, il a créé, sur des bases très larges, une publication destinée à l'étude de la faune indo-chinoise. Douze fascicules ont été publiés et chaque fascicule contient, en dehors du texte imprimé, dix planches dessinées à la main par des artistes annamites.

En dehors des Mémoires publiés dans le *Bulletin économique de l'Indo-Chine*, il s'est utilement occupé du *borer indien* (*Xylotrechus quadrupes*), parasite du Caféier, qui fait des ravages dans le Sud-Asie. Il a mis en évidence son cycle évolutif et ses rapports avec le *Xylotrechus annularis* du bambou.

Les nombreux échantillons d'Hylobates recueillis pendant son voyage au Laos lui ont permis d'établir que l'*Hylobates Henrici*, qui n'était connu avant lui que par un échantillon très incomplet, représentait une forme blonde de l'*Hylobates leucogenys* normalement d'un noir intense.

Un spécimen de cet anthropoïde, que M. Louis Boutan a ramené en France, présentait un haut intérêt, l'animal s'étant trouvé placé, dès l'origine, dans des conditions expérimentales particulières.

Recueilli très jeune (trois semaines environ), cet hylobate, qui n'avait pas connu ses parents, avait perdu, à partir du jour de sa captivité, tout contact avec les individus de son espèce.

Or, sans éducation préalable, cinq mois après son arrivée en France, l'anthropoïde a reproduit, à l'état adulte, le chant caractéristique des représentants de sa race.

Ce sujet exceptionnel a fourni à M. Boutan des données psychologiques consignées dans deux Mémoires : *Pseudo-langage* (*Actes Société Linnéenne*, 1913) et *Les deux méthodes de l'Enfant* (*Ibid.*, 1914) qui ont très justement excité l'intérêt des philosophes, comme le montre, par exemple, l'étude que lui a consacrée Paul de Roul dans les *Archives sociologiques* publiées par Émile Waxweiler (nº 30, 5e année, 1914).

En raison de ses intéressants voyages, des pièces zoologiques rapportées et étudiées et des nombreux Mémoires publiés, la Commission a décidé de vous proposer M. **Louis Boutan** pour l'attribution du prix Savigny pour 1919.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Widal, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy; Roux et Quénu, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à MM. **Michel Weinberg**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, et **Pierre Seguin**, boursier à l'Institut Pasteur, pour leur Ouvrage intitulé : *La gangrène gazeuse ;*

Un prix de 2500fr à MM. **Louis Martin**, sous-directeur de l'Institut Pasteur, et **Auguste Pettit**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour leur Mémoire intitulé : *Spirochétose ictérohémorragique;*

Un prix de 2500fr à MM. **Henri Rouvillois**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, **Guillaume Louis**, professeur à l'École de médecine de Tours, **Albert Pédeprade**, ancien interne des hôpitaux de Paris, **Antoine Basset**, chirurgien des hôpitaux de Paris, pour leur Ouvrage intitulé : *Études de chirurgie de guerre à l'auto-chirurgicale* n° 2;

Une mention honorable de 1500fr à MM. **Jean Fiolle**, professeur à l'École de médecine de Marseille, et **Jean Delmas**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Montpellier, pour leur Ouvrage intitulé : *Découverte des vaisseaux profonds ;*

Une mention honorable de 1500fr à MM. **Alfred Boquet** et **L. Nègre**, chefs de laboratoire à l'Institut Pasteur d'Algérie, pour leurs travaux sur la lymphangite épizootique des solipèdes ;

Une mention honorable de 1500fr à M. le Dr **H. Gougerot**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux relatifs à la lutte contre les maladies vénériennes.

Rapport de M. Roux *sur l'Ouvrage de MM.* **Michel Weinberg** *et* **Pierre Seguin**.

Nous devons à MM. **Weinberg** et **Seguin** une bonne partie des progrès faits, depuis la guerre, dans la connaissance de la gangrène gazeuse. Au début des hostilités, nous savions que cette redoutable complication des plaies est

causée par le développement, dans les tissus meurtris, de microbes anaérobies, parmi lesquels le vibrion septique et le *B. perfringens* se rencontrent le plus fréquemment. MM. Leclainche et Vallée avaient déjà préparé un sérum efficace contre ces deux bactéries. L'étude des cas trop nombreux, hélas ! de gangrène gazeuse à la suite de blessures par éclats d'obus, montra que la flore de cette affection était plus complexe que l'on ne pensait. MM. Weinberg et Seguin isolaient successivement un microbe producteur d'une toxine très active, la *B. œdematiens*, un bacille, *B. hystoliticus*, qui élabore une diastase protéolytique digérant les tissus et le *B. Fallax* qui complique certains cas de gangrène gazeuse. Des travaux de MM. Weinberg et Seguin il résulte que les trois microbes anaérobies les plus fréquents dans la gangrène gazeuse sont *B. perfringens*, vibrion septique et le *B. œdematiens*. Pour être efficace contre la gangrène gazeuse un sérum doit donc être actif vis-à-vis de ces trois bactéries. La préparation d'un tel sérum nécessite la connaissance des toxines de ces microbes et des meilleures méthodes pour les obtenir, l'étude de l'immunisation des animaux producteurs du sérum et du titrage de celui-ci.

Le sérum préparé par MM. Weinberg et Séguin a été employé sur une grande échelle aux armées, soit pour prévenir, chez les grands blessés, les accidents de gangrène gazeuse, soit pour les traiter lorsqu'ils s'étaient déclarés. Dans ce dernier cas, si l'examen bactériologique indique la prédominance d'une des bactéries sur les autres, on injecte outre le sérum plurivalent le sérum spécifique. Les résultats obtenus sont des plus remarquables. La sérothérapie de la gangrène gazeuse a fait ses preuves, elle est entrée dans la pratique courante de la Chirurgie.

Depuis 1914 MM. Weinberg et Seguin ont communiqué une série de Notes et de Mémoires sur la gangrène gazeuse, puis ils ont publié un Volume sur le sujet. Ce livre contient non seulement les recherches des auteurs, mais aussi l'exposé critique et complet des travaux qui ont précédé les leurs. Il est le guide de tous ceux, chirurgiens ou bactériologistes, qui s'occupent de la gangrène gazeuse.

Aussi la Commission propose-t-elle de décerner un des prix Montyon de Médecine à MM. **Weinberg** et **Seguin**.

Rapport de M. Roux *sur le Mémoire de MM.* **Louis Martin** *et* **Auguste Pettit.**

Les cliniciens ont décrit depuis longtemps des ictères infectieux se présentant sous forme épidémique. La cause de ces ictères a été révélée par les médecins japonais, MM. Inada et Ido, qui ont trouvé dans le sang et les

urines des malades un spirochète particulier, d'où le nom de spirochète-ictéro-hémorragique qui résume les principaux caractères de la maladie. Le cobaye est sensible à l'action du spirochète, il contracte l'ictère et en meurt le plus souvent. L'inoculation du sang ou des urines des malades au cobaye permet de porter un diagnostic.

Cette affection a sévi pendant la guerre et un médecin militaire anglais, M. Adrian Stokes, a retrouvé chez des soldats ictériques le spirochète des médecins japonais. Après lui, MM. L. Martin et Pettit ont observé un assez grand nombre de cas au cours de missions dont ils ont été chargés par le Service de santé de la Guerre et de la Marine. Ils se sont livrés à une étude approfondie de la maladie et de son microbe. Leurs constatations cliniques ainsi que leurs expériences sur les animaux ont été réunies dans un Livre qui constitue le plus important document que nous possédions actuellement sur le sujet. Nous y trouvons méthodiquement exposés les travaux antérieurs à ceux de MM. Martin et Pettit et ensuite les leurs qui ont réalisé des progrès notoires sur la connaissance de la morphologie du spirochète, sur sa culture, sur la nature des lésions qu'il provoque, sur le diagnostic de l'ictère-hémorragique, etc. Les auteurs ont perfectionné la préparation du sérum contre cette affection et rapportent les bons résultats qu'ils ont obtenus dans le traitement des malades.

La Commission attribue un prix Montyon de Médecine à MM. les Drs **L. Martin** et **A. Pettit**, auteurs de cet Ouvage.

Rapport de M. Quénu *sur les Études de chirurgie de guerre à l'Auto-chirurgicale* n° 2 *de MM.* **Rouvillois**, **Guillaume Louis**, **Pédeprade** et **Basset**.

Ce Livre est entièrement composé de documents personnels recueillis à l'Auto-chirurgicale n° 2. Il renferme des Chapitres sur la pathologie générale de guerre, le traitement des plaies, la gangrène gazeuse, etc., mais y sont plus spécialement étudiées les lésions traumatiques du ventre, du crâne, de la poitrine et des articulations. 750 plaies abdominales ont été observées, 194 des plus graves ont été traitées par la laparatomie avec une mortalité qui, primitivement de 80 pour 100, s'est ensuite abaissée à 65 pour 100.

Pour les plaies du crâne avec projectile retenu dans le cerveau, les auteurs se sont montrés partisans de l'extraction immédiate sous écran radioscopique, à l'aide de la bonnette, à moins que le projectile ne soit très

petit ou profond, ou encore que l'état général du blessé ne soit par trop grave. La mortalité a été de 50 pour 100.

L'observation des plaies de poitrine porte sur plus de 500 cas. Celle des plaies articulaires du genou sur 197 cas. Pour ces derniers, l'amélioration des résultats a suivi les perfectionnements apportés à l'organisation des services et au traitement des plaies en général, la mortalité dans la dernière série de 53 cas est tombée à moins de 2 pour 100. Je n'ai relevé que les points les plus importants de ce Volume considérable; il représente une immense somme de travail et d'un travail scientifique effectué malgré la fatigue physique, le surmenage, les préoccupations matérielles et morales; il représente la vie active d'une ambulance restée homogène pendant trois ans de guerre; je le considère comme un des plus méritants et digne d'un prix.

La Commission a adopté ces conclusions et accordé un prix Montyon.

Rapport de M. QUÉNU *sur l'Ouvrage de MM.* **JEAN FIOLLE** *et* **JEAN DELMAS.**

Le Livre de MM. **FIOLLE** et **DELMAS** intitulé : *Découverte des vaisseaux profonds* est un petit traité de technique chirurgicale, il est issue de la guerre, il s'applique aux plaies de guerre qui ont nécessité une chirurgie vasculaire nouvelle, mais les procédés pourront aussi trouver leur utilité dans certaines opérations de la vie civile, ils constituent, comme le dit Duval dans sa préface, le complément de l'œuvre de Farabeuf. 34 belles gravures illustrent le texte.

La Commission est d'avis d'accorder une mention à MM. **FIOLLE** et **DELMAS**.

Rapport de M. ROUX *sur les travaux de MM.* **ALFRED BOQUET** *et* **LÉOPOLD NÈGRE.**

MM. **BOQUET** et **NÈGRE** ont étudié la lymphangite épizootique des solipèdes en Algérie et ensuite en France. Cette maladie, pour ainsi dire inconnue dans notre pays avant la guerre, y a été importée avec les chevaux étrangers. Elle est causée par le cryptocoque de Rivolta, microorganisme ressemblant aux levures.

MM. Boquet et Nègre sont parvenus à le cultiver régulièrement en dehors de l'organisme, ils ont décrit ses diverses formes. Avec des cultures pures ils ont donné la maladie au cheval et déterminé les conditions de son développement; puis ils ont montré comment les injections ménagées de

cultures tuées influençaient favorablement la marche de l'affection. Les tentatives de vaccination préventive qu'ils ont entreprises sont encourageantes. Ils ont préparé un sérum dont l'action thérapeutique est manifeste dans certaines conditions. Grâce aux travaux de MM. Boquet et Nègre la difficile question de la lymphangite épizootique a fait des progrès satisfaisants et pleins de promesses.

La Commission propose d'accorder une mention du prix Montyon à MM. **Boquet** et **Nègre**.

Rapport de M. Quénu *sur les travaux de M.* **H. Gougerot**.

M. **Gougerot** a dressé 32 rapports destinés à l'organisation régionale et au fonctionnement du centre vénéréologique et dermatologique de Tours (IXe région). Ces rapports renferment les statistiques des malades examinés, des injections mercurielles, pansements, petites interventions, etc., ils correspondent à un effort considérable pour la lutte contre les maladies vénériennes et en particulier contre la syphilis.

Cette question de la lutte antivénérienne est nécessairement connexe avec celle de la prostitution. M. Gougerot a fait une série d'enquêtes sur la prostitution et ses dangers dans les cinq départements de la IXe région. Il aboutit à une série de conclusions dont l'application malheureusement n'est pas seulement du ressort de la médecine, mais dépend des pouvoirs publics, des préfets, des maires, des polices municipales et, en fin de compte, de l'opinion publique. M. Gougerot ne s'est pas laissé décourager par toutes ces difficultés, il a entrepris la lutte contre le flot croissant des maladies vénériennes. il est incontestable que ces maladies constituent avec l'alcoolisme et la tuberculose un grave danger qui menace notre race; il m'a semblé qu'il y avait intérêt à encourager de tels efforts et à donner une récompense à M. Gougerot.

M. Gougerot, en dehors de ces 32 rapports, a publié plusieurs séries d'articles ou de mémoires dans les *Archives de Médecine et de Pharmacie militaires* et dans les *Annales des maladies vénériennes*, les *Annales d'hygiène publique*, etc.

La Commission est d'avis d'accorder une mention honorable à M. **Gougerot**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, A. Gautier, Edmond Perrier, Roux, Henneguy; Guignard, rapporteur.)

Parmi les ouvrages envoyés pour le concours du prix Barbier, la Commission a retenu ceux qui ont été publiés par M. **Albert Goris**, professeur agrégé à l'Ecole supérieure de pharmacie de Paris, et qui se rapportent à deux sujets tout différents, mais offrant tous deux beaucoup d'intérêt.

I. Le premier est une étude sur « la localisation et le rôle des alcaloïdes et des glucosides chez les végétaux ». Ces composés représentent essentiellement les principes actifs médicamenteux des plantes, et malgré les différences considérables qui existent dans leur nature et leur constitution chimique respectives, leur rapprochement dans ce travail se justifie par le grand intérêt qu'ils offrent l'un et l'autre au point de vue pharmacodynamique.

Après avoir exposé la constitution de ces deux sortes de corps, l'auteur consacre la majeure partie de son travail à l'étude minutieuse de leur localisation dans les divers organes de la plante. Il vérifie ou rectifie par ses recherches personnelles, à l'aide des réactions microchimiques, les résultats fournis par ses prédécesseurs; il en ajoute de nouveaux surtout en ce qui concerne les glucosides. Il met sous les yeux du lecteur, dans de nombreuses figures, la répartition de ces corps dans les divers organes de la plante. Par l'étude de leur localisation et de leur migration au cours du développement, il arrive à cette conclusion, que les alcaloïdes ne sont en général que des substances de déchet; s'ils peuvent intervenir dans la nutrition, c'est à la faveur de circonstances spéciales; leur rôle alimentaire est conditionnel et le rôle protecteur qu'on a voulu leur attribuer est simplement accidentel. Il en est de même des glucosides, qui semblent représenter la forme chimique sous laquelle la plante se débarrasse des composés, le plus souvent phénoliques, provenant de la désintégration des substances albuminoïdes.

II. Le second travail de M. Goris est relatif à la préparation du « catgut », dont il avait déjà commencé l'étude avant la guerre et qu'il a poursuivie et complétée dans ces derniers temps, dans le but de répondre surtout aux besoins du Service de Santé militaire.

Plus encore peut-être que le chloroforme, le catgut est l'objet des pré-

occupations du chirurgien. Il doit être stérile, solide et souple, et c'est dans cet ordre de gradation que sont formulés les vœux de l'opérateur.

La matière première servant à la fabrication de cette corde est, comme on sait, l'intestin grêle du mouton. Jusqu'à ces derniers temps, les boyaudiers préparaient une corde sans se préoccuper de sa destination ultérieure et les procédés employés rendaient sa stérilisation extrêmement difficile.

A la suite d'une étude approfondie de cette préparation, M. Goris a pu faire comprendre aux industriels que la corde chirurgicale et la corde musicale n'avaient rien de commun et qu'il fallait créer une fabrication spéciale pour le chirurgien. Il a ensuite étudié avec soin, à l'Institut Pasteur, les méthodes à l'aide desquelles on pouvait rendre le catgut stérile, tout en lui conservant la solidité et la souplesse désirables. Toute l'histoire de cette préparation a été exposée finalement par M. Goris dans plusieurs Mémoires fort intéressants, et c'est du laboratoire dépendant du Service de Santé militaire, qu'il a dirigé pendant ces dernières années de guerre, que sont sortis les catguts employés par les chirurgiens de l'armée.

La Commission estime que ces divers travaux méritent d'être récompensés et décide de décerner le prix Barbier à M. **Albert Goris**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Laveran, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de *trois mille francs* à M. le Dr **Paul Ravaut**, médecin des hôpitaux de Paris, pour l'ensemble de ses recherches sur le paludisme et l'amibiase;

Un prix de *deux mille francs* à M. le Dr **Lucien Camus**, pour ses recherches sur l'infection et sur l'immunité vaccinales.

M. le Dr **P. Ravaut** a concouru pour le prix Bréant (arrérages) avec un ensemble de travaux imprimés concernant le paludisme et l'amibiase; mobilisé pendant la guerre, l'auteur qui a exercé les fonctions de médecin-chef d'un hôpital de contagieux et ensuite celles de médecin-chef du

deuxième secteur médical de la 15e Région, à Marseille, a eu de très fréquentes occasions de soigner des soldats rapatriés de l'armée d'Orient, atteints de paludisme ou d'amibiase.

Lors de l'arrivée du Dr Ravaut à Marseille, le nombre des paludéens évacués de Salonique et hospitalisés dans la 15e Région dépassait 25000. Le paludisme avait sévi sur notre armée d'Orient avec des formes si graves et si rebelles, en apparence, à la médication quinique, que beaucoup de médecins inclinaient à croire qu'il s'agissait de fièvres anormales et non du paludisme classique des pays chauds; le mot de *faillite* de la quinine avait été prononcé; la confiance dans l'admirable spécifique des accidents palustres était malheureusement ébranlée.

Le Dr Ravaut, étonné des insuccès de la médication quinique, pensa que ces prétendus insuccès s'expliquaient peut-être tout simplement par le fait que beaucoup de malades, pour différents motifs, ne prenaient pas la quinine qui leur était prescrite. Une enquête, poursuivie avec grand soin dans les hôpitaux de la 15e Région, justifia complètement cette supposition : de grandes quantités de comprimés et de cachets de quinine furent trouvées dans les paquetages des malades, et l'examen des urines à l'aide du réactif de Tanret décida maint coupable aux aveux. Grâce aux mesures sévères de surveillance qui furent prises, tout rentra dans l'ordre, les fièvres rebelles à la quinine disparurent et les hôpitaux de paludéens se vidèrent. L'enquête faite dans les hôpitaux de la 15e Région eut une heureuse répercussion dans l'armée d'Orient pour l'emploi préventif et curatif de la quinine.

Dès 1915, le Dr Ravaut a signalé des cas de dysenterie amibienne dans des régiments métropolitains qui s'étaient contaminés au contact de troupes coloniales, et il a appelé l'attention sur les dangers de l'extension de la maladie; il a bien décrit certaines formes irrégulières de l'amibiase qui sont d'un diagnostic difficile, en insistant sur l'importance de la recherche des kystes amibiens.

En résumé, les travaux du Dr **Ravaut** sur les deux maladies qui ont sévi avec le plus d'intensité sur notre armée d'Orient, le paludisme et l'amibiase, sont d'un grand intérêt : ils ont contribué beaucoup à améliorer la thérapeutique et la prophylaxie du paludisme dans cette armée et chez les nombreux paludéens qui ont été rapatriés.

M. le Dr **L. Camus** a concouru pour le prix Bréant (arrérages) avec un ensemble de travaux sur l'infection et l'immunité vaccinales.

M. Camus a montré, à l'aide d'expériences poursuivies principalement chez des lapins, que l'intensité de l'infection vaccinale variait avec la quantité de virus inoculée et qu'on pouvait obtenir à volonté des éruptions vaccinales généralisées.

Si l'on infecte par la voie sanguine un animal sensible à la vaccine, on observe, dit M. Camus :

« 1° Après l'injection d'une quantité très faible de virus, rien en apparence dans les jours qui suivent, mais, à la longue, la production de l'immunité;

» 2° Après l'injection d'une quantité faible, l'apparition de quelques symptômes généraux, de la fièvre, de l'hyperthermie, de l'inappétence, puis quelques pustules spontanées;

» 3° Après l'injection d'une quantité forte, les symptômes précédents s'accusent, l'éruption devient plus intense et quelquefois l'animal meurt de complications éruptives;

» 4° Après l'injection d'une quantité très forte, la gravité des premiers symptômes devient très grande et l'animal succombe avant que la moindre pustule ait eu le temps d'apparaître. »

M. Camus a déterminé exactement les quantités de virus vaccin qu'il est nécessaire d'employer pour obtenir ces différents effets chez plusieurs espèces animales.

Au sujet de la vaccine généralisée, l'auteur arrive à conclure que cette complication de l'infection vaccinale se produit toujours quand une quantité suffisante de vaccin pénètre dans la circulation.

M. Camus a démontré en outre, expérimentalement, qu'en faisant varier la quantité de virus qui impressionne l'organisme, on fait varier la rapidité de l'apparition de l'immunité. Il existe toutefois une durée minimum d'incubation qui semble irréductible par l'augmentation des doses de vaccin injectées.

Les recherches expérimentales de M. **Camus**, très bien conduites, ont porté non seulement sur des génisses et sur des lapins, mais sur des cobayes, des chiens, des chats, des chevaux et des singes. Ces recherches ont précisé très heureusement certains points de nos connaissances sur l'infection et l'immunité vaccinales.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Armand Gautier, Guignard, Roux, Henneguy; Edmond Perrier, rapporteur.)

Ce prix est attribué au meilleur Mémoire sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie des organes génito-urinaires; dans cette définition rentre évidemment l'étude de l'influence réciproque de ces organes et de l'ensemble des autres et, par conséquent, de celle qu'exerçent les organes génitaux sur les caractères dits sexuels. M. **Albert Pézard** s'est appliqué surtout à la détermination des conséquences sur l'évolution de ces derniers caractères, si frappants chez certains mâles, de la suppression des testicules et des conséquences de la suppression des ovaires chez les femelles. Il arrive à cette conclusion que les sécrétions testiculaires répandues dans l'organisme y provoquent une excitation, que les sécrétions ovariennes ont, au contraire, une action impuissante. Les premières provoquent chez les mâles le développement de la crête, des barbillons, des appendices avoisinant les oreilles, déterminent les instincts agressifs des coqs contre les autres coqs et leur recherche des poules, en même temps qu'ils conditionnent leur chant; les sécrétions ovariennes empêchent chez les poules l'apparition des plumes ornementales des coqs (lancettes, faucilles, camail) et celle des ergots. Ces résultats s'obtiennent soit par l'ablation des glandes génitales, soit par leur transplantation d'un sexe à l'autre qui les confirment réciproquement, soit encore par les conséquences neutralisantes de l'hybridation. Les expériences de M. Pézard ont été faites avec un soin et un esprit critique très remarquables, qui lui ont permis de faire disparaître nombre d'incertitudes résultant d'observations en apparence contradictoires.

Chemin faisant, M. Pézard a montré le rôle important que joue le foie dans la production de la graisse nécessaire au développement des éléments génitaux, ce qui l'a conduit à qualifier le foie de *glande génitale*, au moins accessoire. L'engraissement des castrats est le résultat de l'inutilisation par le testicule de la graisse qu'il produit et qui demeure dans les tissus au lieu d'être mobilisée vers le testicule.

Ce sont là des résultats précis et importants qui ont déterminé la Commission à proposer l'attribution du prix Godard à M. **Pézard**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CHAUSSIER.

(Commissaires : MM. Guyon, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Armand Gautier, Guignard, Roux; Edmond Perrier, d'Arsonval, Henneguy et Bourquelot, rapporteurs.)

La Commission propose à l'Académie de décerner :

Un prix de 3000fr à M. le Dr **Albert Dustin**, professeur à l'Université de Bruxelles, pour ses études relatives à la Neurologie, l'Embryologie et l'Histologie;

Un prix de 3000fr à MM. **Marcel Frois**, professeur à l'Institut Lannelongue, et le Dr **Barthélemy Caubet**, inspecteur du travail, à Paris, pour leur Mémoire intitulé : *La fatigue dans le travail industriel;*

Un prix de 3000fr à M. le Dr **Adrien Grigaut**, chef de travaux à la Faculté de Médecine de Paris, pour son Mémoire intitulé : *Nouvelles méthodes chimiques en Pathologie et leurs résultats;*

Un prix de 1000fr à M. **Hector Marichelle**, professeur à l'Institution nationale des sourds-muets de Paris, pour l'ensemble de ses recherches sur le mode de production des sons de la parole.

Rapport de M. Henneguy *sur les travaux du Dr* **Albert Dustin**.

Depuis une dizaine d'années, M. **A.-P. Dustin**, professeur d'Histologie à la Faculté de Médecine de Bruxelles, a publié d'importants Mémoires relatifs à la Neurologie, à l'Embryologie, à l'Histogenèse et à l'Histologie normale et expérimentale.

L'auteur a d'abord étudié les modifications expérimentales que peuvent présenter les neurofibrilles; il a montré que les facteurs ralentissant les oxydations (froid, jeûne, asphyxie lente, etc.) provoquent l'hypertrophie des neurofibrilles, tandis que l'activation des oxydations détermine l'amincissement et la multiplication de ces éléments. Puis, après avoir bien établi que la régénération des nerfs se fait essentiellement par croissance de leur bout central, M. Dustin a institué une série d'expériences (sutures, greffes, transplantations) sur les nerfs périphériques. Il a constaté que le phénomène nécessaire qui se trouve à la base de la régénération est une propriété particulière que possèdent les nerfs de se souder à toute portion du système nerveux quelle qu'elle soit par une cicatrice perméable aux axones et

orientant ceux-ci. La création de voies ainsi formées est ce que l'auteur désigne sous le nom d'*odogenèse*.

Mettant à profit ses recherches antérieures, M. Dustin, chef du Service de neurologie et d'histologie à l'ambulance de la Panne, pendant la guerre, a étudié un nombre considérable de lésions des nerfs périphériques chez l'homme, depuis des lésions datant de quelques heures jusqu'à des lésions datant de 2 ans et demi. Il a pu ainsi établir, pour l'homme, toute l'évolution de la régénération nerveuse qui n'avait été observée que chez les animaux. Il a montré que les cellules de Schwaun sont des éléments spécifiques assimilables à une véritable névroglie du nerf périphérique, et que cette névroglie est l'agent essentiel de l'orientation des axones en croissance, établissant ainsi de façon définitive le rôle de l'odogenèse et l'absence de tout neurotropisme vraiment actif. La vitesse de croissance des fibres nerveuses chez l'homme est influencée par des facteurs multiples dont le plus important est l'âge de l'individu; cette vitesse est souvent 5 à 10 fois plus grande chez des enfants de 10 à 15 ans que chez l'adulte. L'alcoolisme et la syphilis inhibent d'une façon très nette la restauration nerveuse. La traversée de la cicatrice par les fibrilles prend de 40 à 50 jours en moyenne; la vitesse de croissance est de $\frac{4}{10}$ de millimètre environ par jour, mais elle est variable suivant les nerfs : la rapidité de croissance du radial est nettement supérieure à celle du médian, qui elle-même l'emporte sur celle du cubital. L'auteur termine son travail par des conclusions pratiques montrant ce que doivent être les interventions chirurgicales rationnelles et les traitements médicaux relatifs aux lésions des nerfs périphériques.

MM. Stoffel, Pierre Marie, Gosset et Meige admettent que la topographie des fibres motrices dans un nerf est nettement définie et que l'existence de faisceaux nerveux distincts et spécialisés dans les troncs nerveux doit être considérée comme un fait acquis. M. Dustin a repris cette étude chez l'homme; il a constaté que, pour un niveau donné, la fasciculation des nerfs est sujette à des variations très étendues, soit de nerf à nerf, soit d'individu à individu, et que la disposition des gaines lamelleuses varie avec la région du nerf considérée. Les faisceaux peuvent se fusionner et constituer des *zones nodales* qui se trouvent toujours aux endroits où le nerf n'émet pas de rameaux terminaux ou collatéraux. L'auteur a pu, d'après ses observations, établir les données suivantes : le pronostic d'une lésion transversale et totale d'un nerf est d'autant meilleur que le traumatisme a porté sur un nerf peu fasciculé ou, pour un même nerf, au niveau d'une zone nodale; une lésion partielle est d'autant plus grave qu'elle porte sur une zone nodale ou sur un

nerf pauvre en fasciculation; il faut choisir comme greffes des portions de nerfs peu fasciculés, prélevées au niveau des zones nodales.

Les recherches de M. Dustin sur le système nerveux suffiraient à elles seules à justifier la décision de la Commission; ses travaux d'embryologie et d'histologie ne sont pas moins importants. Je me bornerai à les signaler rapidement parce qu'ils sont de date plus ancienne.

M. Dustin a étudié, chez les Amphibiens et les Reptiles, l'origine et l'évolution des premières cellules sexuelles : il a montré qu'elles sont reconnaissables dès les premiers stades de l'ontogenèse et qu'elles subissent des modifications amenant la constitution de trois ébauches sexuelles successives : ébauches primaires paires, ébauches impaires secondaires, ébauches paires définitives. Les ébauches paires primaires avaient été méconnues jusqu'ici. Enfin, on doit à M. **Dustin** d'intéressantes études sur l'histogenèse et l'histologie du thymus chez les Amphibiens, les Reptiles et les Mammifères qui ont apporté une importante contribution à nos connaissances sur les fonctions de cet organe.

Rapport de M. d'Arsonval *sur le Mémoire de MM.* **Marcel Frois** *et* **Caubet.**

La Commission a eu à examiner un Mémoire intéressant de MM. **Marcel Frois**, professeur à l'Institut Lannelongue, et le Dr **Barthélemy Caubet**, inspecteur du travail à Paris, qui a pour titre : *La fatigue dans le travail industriel.*

Ce travail rentre dans les conditions de la fondation en ce qu'il traite une question fort importante dans l'hygiène industrielle. La Commission propose de lui attribuer une part de 3000^fr sur le prix Chaussier.

Rapport de M. Bourquelot *sur le Mémoire de M.* **Adrien Grigaut.**

Le Mémoire présenté par M. **Grigaut** pour le prix Chaussier est intitulé : *Nouvelles méthodes chimiques en pathologie et leurs résultats.*

L'auteur, qui est Chef de travaux de Chimie à la Faculté de Médecine de Paris, a imaginé des méthodes nouvelles et perfectionné d'anciennes méthodes pour rechercher, isoler et doser divers constituants importants de l'organisme. Grâce à ces méthodes, de notables progrès ont été réalisés dans le domaine de la Médecine et de la Chirurgie.

Ce Mémoire est divisé en quatre parties correspondant aux quatre groupes de principes chimiques qui ont plus spécialement attiré l'attention de l'auteur.

1° Lipoïdes;
2° Glucose;
3° Pigments sanguins;
4° Substances azotées.

Première partie. — *Lipoïdes* (cholestérine et lipoïdes du cerveau). — L'auteur décrit, dans cette partie, deux procédés nouveaux de dosage de la cholestérine et une série de perfectionnements dans les procédés anciens de séparation des divers lipoïdes du cerveau.

Pour le dosage de la cholestérine il a recours soit à un procédé pondéral, soit à un procédé colorimétrique.

Dans le premier, la cholestérine, isolée sous forme de cristaux, est pesée directement. Dans le second, après dissociation des complexes albuminoïdes au moyen de l'alcool, la cholestérine est extraite par l'éther puis dosée au moyen de la réaction colorée de Liebermann.

C'est grâce à ce dernier procédé, à la fois simple et précis, que M. Grigaut a pu mener à bien ses recherches sur la cholestérinémie, qui ont éclairé d'un jour nouveau les pathogénies de l'athérome, de la rétinite brigthique et de la lithiase biliaire, et qui ont permis d'apporter plus de précision dans le diagnostic de cette dernière affection. En même temps apparaissait la solution du problème si obscur des origines et de la destinée de la cholestérine dans l'organisme.

En étudiant les lipoïdes qu'il a extraits du cerveau, à l'aide de sa méthode, l'auteur est arrivé à des résultats très importants au point de vue de la connaissance du mécanisme pathogénique des accidents de la diphtérie et du tétanos. Il a reconnu une affinité particulière à certains de ces lipoïdes pour les toxines diphtériques et tétaniques avec lesquelles ils contractent des combinaisons complexes d'une stabilité marquée.

Deuxième partie. — *Glucose*. — L'auteur a appliqué au dosage du glucose dans le sang la méthode de Mohr, mise au point par M. G. Bertrand. Il en a fait, pour ce cas particulier, une méthode pratique et rapide, et a pu ainsi étudier les glycémies normale et pathologique.

Dans des recherches spéciales, il a, en outre, fixé la pathogénie de la diarrhée des diabétiques par reproduction expérimentale chez le Chien.

Troisième partie. — *Pigments biliaires*. — L'auteur décrit deux procédés de recherche de l'urobiline, l'un dans le sang et l'autre dans les fèces. Il montre que si, jusqu'ici, on n'était arrivé qu'exceptionnellement à

caractériser l'urobiline dans le sang, c'est que l'on ignorait que cette substance y est fortement retenue par les albuminoïdes sous forme de combinaisons complexes.

Dans le procédé qu'il a imaginé, ces complexes sont d'abord détruits, et ce n'est qu'ensuite que l'on procède à l'extraction.

Il trouve ainsi de l'urobiline dans le sang chaque fois qu'il en existe dans l'urine et les fèces. Bien plus, il montre que ce pigment existe normalement dans le sang, comme, ce que l'on savait déjà, il existe à l'état normal dans l'urine.

QUATRIÈME PARTIE. — *Substances azotées.* — M. Grigaut décrit une méthode colorimétrique de dosage de l'azote sous ses différents états dans le sang et les tissus :

Azote albuminoïde;
Azote des protéoses;
Azote non protéique;
Azote résiduel;
Azote de l'urée;
Azote ammoniacal.

Cette méthode est basée sur une adaptation de la réaction de Nessler au dosage de l'ammoniaque. Elle a rendu à l'auteur de grands services pendant la guerre en lui permettant de pratiquer des recherches en série sur le sang des blessés, recherches qui ont abouti à fournir quelques précisions nouvelles dans la pathogénie du shock traumatique. Il a pu montrer ainsi le passage, dans le sang des blessés, de poisons élaborés par la plaie de guerre et qui seraient capables, à eux seuls, d'engendrer les accidents toxiques du shock.

Les recherches de M. Grigaut sont, comme on le voit, très variées. Conduites avec beaucoup de patience et une grande habileté expérimentale, elles l'ont amené à aborder des questions extrêmement délicates de Chimie médicale et à en découvrir la solution. En conséquence, j'estime que, tout au moins, une partie du prix Chaussier peut lui être accordée.

La Commission propose de décerner un prix de 3000fr à M. **GRIGAUT**.

Rapport de M. EDMOND PERRIER *sur les travaux de M.* **HECTOR MARICHELLE**.

M. **MARICHELLE**, professeur à l'École nationale des Sourds-Muets, présente au concours pour un prix Montyon les études qu'il poursuit

depuis vingt ans, avec la plus grande persévérance et des succès attestés par les directeurs de son école, pour atténuer les effets de la surdi-mutité, grâce à une connaissance exacte du mode de production des sons de la parole et des mouvements apparents qui déterminent cette production.

Pour cette étude, M. Marichelle a fait largement usage du phonographe, qui lui a permis d'obtenir des graphiques concernant la voix parlée, la voix chantée et les caractères du registre de la voix chez les sujets normaux et chez les sourds-muets. Il a réuni tous les résultats dans un ouvrage intitulé : *La parole d'après le tracé du phonographe*, ouvrage qu'il n'a cessé de compléter depuis 1897 par des études qui l'ont conduit à publier d'autres mémoires sur *La parole d'après le tracé du phonographe*, sur *Les sons et les mouvements de la parole*, et à instituer une rééducation auditive fondée sur la théorie des voyelles. De toutes ces études devait résulter une critique des méthodes actuelles de rééducation auditive et leur reconstitution sur de nouvelles bases. C'est l'œuvre que M. Marichelle a créée à l'École nationale des Sourds-Muets et que l'Académie pourrait récompenser en raison des grands services rendus à de nombreux blessés. Les travaux de M. **Marichelle** paraissent à la Commission mériter au moins une part de 1000^{fr} du prix Chaussier.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Guyon, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Hennegny; d'Arsonval, rapporteur.)

Aucun Mémoire n'ayant été présenté, cette année encore, sur la question spéciale pour laquelle le prix Mège est réservé, la Commission propose de décerner :

Un encouragement de 300^{fr} à M. le Dr **Jules Glover**, médecin du Conservatoire national de musique et de déclamation, pour son Mémoire intitulé : *La téléphonie par le squelette appliquée aux armées*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. Guyon, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy; d'Arsonval et Roux, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Georges Demenÿ**, professeur du Cours supérieur d'Éducation physique de la ville de Paris, pour l'ensemble de ses œuvres.

Une mention très honorable serait accordée à M. le Dr **Humbert Boucher**, médecin-major de 2e classe des troupes coloniales, pour son Mémoire intitulé : *Les mycoses gommeuses de la Côte d'Ivoire*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Quénu, Widal, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose, à l'unanimité, de décerner le prix à M. le Dr **Camille Lian**, médecin aide-major de 1re classe, chef de clinique à la Faculté de Médecine de Paris, pour son Mémoire intitulé : *Les troubles cardiaques des soldats*.

Le Mémoire de M. **Camille Lian**, médecin aux armées, expose, avec méthode et précision, le résultat de ses observations prises sur les militaires malades dans les hôpitaux de l'arrière et ceux de l'avant. Il a pu écrire ainsi une monographie très instructive sur les maladies du cœur et leurs causes; la fatigue, les marches forcées, les émotions, les privations. Les observations détaillées qu'il donne éclaircissent maints faits nouveaux relatifs à la médecine légale, à la thérapeutique et au diagnostic.

Une citation serait accordée à M. le Dr **Albert Stanislas**, médecin major de 2e classe, pour son Mémoire intitulé : *Contribution à l'étude de la lutte antipaludique en Macédoine*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. Guyon, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le D[r] **Robert Pierret**, médecin aide-major de 1[re] classe, interne des hôpitaux de Paris, pour son Ouvrage intitulé : *La lipurie.*

Une citation serait accordée à MM. les D[rs] **Victor Raymond**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, et **Jacques Parisot**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Nancy, pour leur Mémoire intitulé : *Le pied de tranchée.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Charles Richet; Henneguy, rapporteur.)

Kobert et H. Sachs ont obtenu, par macération du corps entier de certaines Araignées, des toxines, entre autres une toxine hémolytique, l'arachnolysine. M. **Robert Lévy** a repris l'étude de ces toxines, cherché leur localisation et déterminé leurs propriétés. Il a établi que l'arachnolysine est localisée dans les organes génitaux de la femelle; les jeunes Araignées n'en contiennent que lorsqu'elles possèdent encore du vitellus de l'œuf, puis elles en sont dépourvues jusqu'à ce que les organes génitaux se développent. Cette arachnolysine n'est pas une hémolysine simple; elle présente un mécanisme complexe comparable au système « sensibilisatrice + complément » des sérums hémolytiques.

On peut supposer qu'elle est formée de deux éléments : une « sensibilisatrice d'Épeire » relativement résistante et un « complément d'Épeire » destructible par la chaleur et les acides. L'arachnolysine a été trouvée dans huit espèces d'Épeirides et une espèce de Théridiïde. Dans les œufs de *Tegenaria atrica* C. Koch (Agélénide) on trouve une toxine hémolysique différente de l'arachnolysine et qui doit, jusqu'à nouvel ordre, être classée parmi les hémolysines simples.

Les œufs d'un certain nombre d'Araignées n'ont ni propriétés hémolytiques, ni propriétés complémentaires; cela prouve que, entre espèces du même genre, il peut exister, au point de vue des propriétés hémolytiques, des différences considérables. La plupart des œufs d'Araignées donnent des hémolytines sous l'action du venin de Cobra. En outre de ses effets d'intoxication générale, l'arachnolysine produit, en injections sous-cutanées, des effets locaux importants consistant surtout en œdème et digestion des tissus. Chez les Araignées, le venin des chélicères n'est pas hémolytique; il a sur les Vertébrés une action nulle ou faible, tandis que cette action est très forte sur les Arthropodes. Il ne semble pas exister de relation entre le venin des chélicères et les toxines que certaines Araignées contiennent dans leurs œufs.

M. **R. Lévy** apporte une contribution importante à nos connaissances sur les toxines et étend la notion de la toxicité des produits génitaux déjà établie par divers auteurs pour certains animaux; son travail ouvre un champ nouveau de recherches comparables, toutes proportions gardées, à celui qu'offrent les venins des Serpents. La Commission propose de lui attribuer le prix Montyon.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

M. **Léon Binet** a écrit une monographie excellente sur le tremblement. C'est un travail tout à fait original. M. Binet a fait œuvre à la fois de physiologiste et de clinicien. Il analyse par la méthode graphique les conditions du tremblement, et montre qu'il y a, chez tous les individus, un tremblement *normal*. Ayant eu l'occasion de faire sur un grand nombre de sujets (candidats à l'aviation) des épreuves psycho-

physiologiques, il a pu établir comment le frisson est modifié par la fatigue, les émotions, le travail intellectuel. D'intéressants et curieux graphiques mettent bien en lumière toutes ces multiples et compliquées influences.

Au point de vue clinique, M. Binet a étudié le tremblement des paludéens, des typhiques, des basedowiens, des commotionnés, et il en a donné des graphiques éminemment instructifs, alors que jusqu'à présent, sur toutes ces modalités de tremblement, on n'avait que des notions imparfaites.

La Commission propose donc de décerner le prix Lallemand à M. **Léon Binet** et d'accorder une citation très honorable, d'une part, à MM. **E. Couvreur**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Lyon, et **E. Duroux**, agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, pour leurs travaux sur les sections et restaurations nerveuses; d'autre part, à M. **André Léri**, agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Commotions et émotions de guerre.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Armand Gautier, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Étude expérimentale de quelques-unes des conditions qui font varier la quantité d'eau des différents tissus.

Aucun Mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission vous propose d'accorder le prix Philipeaux à Mme **Lucie Randoin-Fandard** qui a fait une consciencieuse étude de la glycérine (sucre libre et sucre protéidique du sang).

Reprenant les beaux travaux de MM. Lépine et Boulud, et les critiquant sur certains points, mais les confirmant sur d'autres, s'appuyant sur des recherches antérieures de MM. Bierry et Potier, Mme Randoin-Fandard apporte la contribution de ses expériences personnelles, très nombreuses, effectuées au laboratoire de physiologie de la Sorbonne. L'existence d'un sucre protéidique a été nettement démontrée. Il est donc prouvé maintenant que, sous l'influence des acides forts ou des bases fortes, certains albuminoïdes donnent du glycose. Et il est vraisemblable que ce dédoublement de certaines albumines peut se produire sous l'influence des combustions physiologiques interstitielles. En chiffres ronds, mais *avec d'énormes variations suivant l'espèce et les conditions physiologiques*, il y a dans 1000g de sang, 2g de glycose libre et 2g de sucre protéidique. Plus les combustions sont actives, comme chez les Homéothermes par exemple, plus les proportions de sucre libre sont fortes. Plus la température est élevée, plus s'élève aussi la proportion de sucre libre.

Ce travail de Mme **Randoin-Fandard** est le résultat d'un très long et méthodique labeur. Nous vous proposons de lui décerner le prix Philipeaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission a retenu parmi les livres qui ont été soumis à son appréciation au concours de 1918 un ouvrage du regretté Émile Boirac, recteur de l'Académie de Dijon, *L'avenir des sciences psychiques*, et un autre de M. L. Chevreuil, *On ne meurt pas*.

Le livre de M. Boirac est composé et écrit d'une manière attachante. La suggestion, avec ou sans hypnotisme, est étudiée dans tous ses détails. Mais M. Boirac ne se limite pas aux phénomènes d'hypnose; il examine, sans scepticisme et sans crédulité, les diverses manifestations métapsychiques, et il est parfaitement convaincu qu'un vaste avenir est réservé à ces sciences si mystérieuses encore, et si décriées.

Mais, comme déjà, en 1911, M. Émile Boirac a reçu un encouragement Fanny Emden pour son beau livre sur la Psychologie inconnue,

votre Commission a préféré vous proposer de donner le prix, cette année, à M. **Léon Chevreuil** pour son ouvrage, très fortement documenté, intitulé : *On ne meurt pas.*

M. Chevreuil n'est nullement un sceptique en matière de métapsychique. Il ne fait pas de critique profonde, minutieuse; mais il apporte un ensemble de documents, puisés aux meilleures sources, qui permettra à tous ceux qui liront ce livre instructif, d'être au courant de ce qui fut jusqu'à ce jour écrit de plus précis sur la métapsychique. Ce qui ressort en toute évidence de cette lecture, c'est qu'il se produit des faits nombreux, inexplicables encore, et qu'aucun lien théorique ne peut réunir. L'heure n'est pas venue d'en faire un faisceau doctrinal. Contentons-nous d'accumuler ces faits singuliers, obscurs : ne formons pas d'autre conclusion que de les admettre comme vrais; et ne cherchons pas à les expliquer; car toute explication actuelle est manifestement prématurée et touche à l'absurde. M. **Chevreuil** aura rendu un réel service en nous faisant connaître, avec sobriété et précision, parfois peut-être avec quelque enthousiasme, nuancé de crédulité, les principales données acquises à la Science. Il nous paraît que les plus sceptiques, en étudiant cet utile ouvrage, seront ébranlés dans leur scepticisme, et se diront que la science contemporaine est loin d'avoir tout éclairci.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Émile Picard, Carnot, Violle, le Prince Bonaparte; Tisserand, rapporteur.)

Le prix Montyon de Statistique est destiné à récompenser les recherches statistiques de toute nature. La Commission propose de le décerner, cette année, à M. le Dr **Arthur Chervin**, ancien président de

la Société de Statistique et de la Société d'Anthropologie, pour son ouvrage intitulé : *L'Allemagne de demain.*

C'est une œuvre de grande envergure, qui, s'appuyant sur des relevés statistiques officiels, ne comprend pas moins de 171 pages grand in-8°, de nombreux tableaux et plusieurs cartes qui éclairent et illustrent le texte.

« Dans les temps où nous vivons, dit le Dr Chervin dans son introduction, il est du devoir de tous d'apporter, chacun suivant ses moyens et ses aptitudes, sa quote-part de collaboration, si faible qu'elle soit, à la chose publique. Mettant à profit mes connaissances démographiques et ethnologiques, j'ai essayé de passer au crible de la statistique des recensements de la population, la situation linguistique, sociale, et politique de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Hongrie. »

Ce n'est pas une dissertation politique et historique qu'il a voulu faire; il s'est contenté, dit-il, de fournir des documents numériques puisés aux sources officielles permettant aux esprits libres de toute idée préconçue, de se former une opinion sérieusement établie sur des faits indiscutables.

« Les chiffres examinés avec impartialité, ajoute-t-il, éclairent d'une lumière éclatante la solution du problème de la paix, à la suite d'une victoire complète, mettant à notre discrétion absolue les empires du centre. »

Le Dr Chervin a-t-il rempli la tâche qu'il s'est assignée ?

C'est ce que nous allons examiner.

Tout d'abord, pour apprécier ce que doit être l'*Allemagne de demain*, après les sanglants sacrifices que la France et ses alliés et associés ont supportés avec un stoïcisme qui fait l'admiration du monde entier, l'auteur estime qu'il faut préalablement savoir ce qu'était l'*Allemagne d'hier;* il faut se rendre compte de ses origines, de ses évolutions, de ses méthodes d'agrandissement aux dépens des autres peuples et d'asservissement des petites nations qui sont devenues sa proie; il se livre à ce point de vue à une étude des plus édifiante.

Dans les premiers tableaux qu'il présente, il donne les chiffres de la population globale de l'empire allemand en 1910, date du dernier recensement qui y a été fait.

L'empire comprenait 28 états. Il possédait en 1871, après avoir absorbé l'Alsace-Lorraine, le Slesvig-Holstein, Le Hanovre, etc., 41 millions d'habitants; il en avait au moment de la déclaration de la guerre 65 (exactement 64 925 000). La population de la Prusse, de son côté,

est passée de 24 691 000 âmes (chiffre inférieur à celui de la France en 1871) à 40 165 000 en 1910, chiffre supérieur à celui de la France. Celle de l'Alsace-Lorraine comptait 1 549 000 habitants en 1871 et 1 871 000 en 1910. La Prusse Rhénane à elle seule comprenait 3 579 000 individus en 1871, et 7 126 000 en 1910. En Saxe l'accroissement de la population, par suite de son très grand développement industriel et agricole, a été énorme pendant la période 1871-1910; il augmente en 40 ans de 88 pour 100; en Prusse il a été pendant la même période de 62 pour 100, alors qu'en France il a à peine atteint 10 pour 100. Le Dr Chervin explique le mouvement allemand en produisant des tableaux province par province, la statistique des mariages, des naissances, de la mortalité, etc. Il fait ressortir toutefois que si numériquement la population totale de l'Allemagne suit une progression ascendante depuis 40 ans, le nombre des naissances a été proportionnellement en décroissance continue; il est tombé de 40 pour 1000 en 1871, à 33,9 en 1910, ce qui prouve qu'en Allemagne, comme partout d'ailleurs, la natalité fléchit sous l'influence de l'accroissement du bien-être des individus et de la richesse publique.

L'étude du dénombrement des populations de l'empire allemand d'après la *langue parlée* est très suggestive : on sait les procédés tyranniques employés par la Prusse pour faire disparaître les langues nationales des contrées qu'elle s'est annexées : interdiction de toute langue autre que l'allemand dans les écoles, dans les églises, dans les actes publics, mode despotique de colonisation, etc.; aussi le Dr Chervin fait-il les plus expresses réserves sur les chiffres de la statistique allemande d'après le langage parlé; il fait particulièrement des réserves en ce qui concerne les dénombrements, effectués dans les pays occupés par les Polonais, « connaissant, dit-il, la haine féroce du gouvernement prussien pour ce peuple et sa volonté de le faire disparaître ».

L'auteur entre dans des détails précis sur les Polonais vivant dans les différentes régions des empires centraux; il en fait connaître en détail l'origine, les mœurs, la culture qui s'éloigne de la culture germanique au même degré qu'il en est de la culture française; « de même qu'en France dit-il, on distingue les Normands, les Bretons, les Limousins, les Provençaux, de même la population polonaise a des subappellations selon le pays habité, tel est le cas des Polonais qui se trouvent en Silésie, dans la Posnanie et sur le littoral de la Baltique ».

L'étude sur les Wendes de la Luzace est particulièrement intéres-

sante, il en démontre la parenté avec les Bohémiens et considère leur union avec les Tchéco-Slovaques comme très désirable à raison de leur situation géographique et linguistique.

C'est en partant de ces données solidement échafaudées que le Dr Chervin arrive à exposer ce que doit être d'après lui l'*Allemagne de demain*.

Il déclare en premier lieu comme imprescriptibles les droits de la France sur l'Alsace-Lorraine et l'impérieuse nécessité du rétablissement intégral des territoires nationaux de la Belgique, de la Serbie et de la Roumanie.

Il envisage ensuite les garanties territoriales, y compris toute la rive gauche du Rhin, à exiger; il réclame toute la rive gauche du Rhin, en dehors des restitutions et libérations indispensables, si l'on veut briser la force militaire de la Prusse et de ses complices, et condamner ceux-ci sinon à tout jamais, pour de longues années au moins, à la défensive et à la paix.

Les nécessités de notre défense militaire, politique et économique commandent impérieusement, poursuit l'auteur, d'enlever aux mains allemandes cette puissante tranchée qu'est le Rhin, à l'abri de laquelle nous aurons la possibilité de nous organiser sous tous les rapports; ce serait de ce côté une population de 5 370 000 âmes qui, ajoutée à celle de l'Alsace-Lorraine, formerait une agglomération de 7 240 000 individus distraits de l'Allemagne et que le Congrès de la Paix aurait à répartir entre les intéressés (France, Belgique et Hollande).

La Pologne de son côté devrait, d'après lui, être ressuscitée en entier et composée des territoires de la Pologne russe (11 365 000^{ha} avec 12 millions d'habitants), de la Pologne prussienne (Poméranie, Posnanie et Silésie haute) [1] et de la Pologne autrichienne (Galicie et Silésie), ce qui constituerait une vaste amputation faite à l'empire allemand

Quant au Slesvig, le Dr Chervin signale la rivière Eyder où débouche le canal de Kiel comme ayant toujours été la frontière naturelle du Slesvig septentrional, et que c'est là qu'il faut reporter les limites méridionales du Danemark.

Telles sont en raccourci les grandes lignes du livre du Dr Chervin.

---

(1) La Silésie prussienne compte 4 millions d'hectares avec 5 millions d'habitants. C'est la plus riche province de la Prusse.

C'est une œuvre qui me paraît réunir les conditions désirables pour le prix Montyon de Statistique.

Elle émane en effet d'une autorité dont la compétence et l'érudition sont connues. Le Dr **Chervin** a déjà été récompensé de deux mentions par l'Académie des Sciences.

Il parle en patriote éclairé et mesuré, c'est l'âme de la France qui l'a inspiré.

Le sujet traité par lui est plein d'actualité et d'un intérêt palpitant non seulement pour nous, mais pour toutes les nations de l'Europe.

L'auteur ne se contente pas de reproduire des tableaux de statistique toujours plus ou moins arides à étudier; il en discute les chiffres et dégage l'enseignement à en tirer; il instruit le lecteur et éclaire l'homme d'État et le législateur sur les intérêts vitaux qu'ils ont à trancher en leur fournissant une documentation de nature à leur permettre de tirer de notre victoire les conditions indispensables pour la réparation des pertes effroyables que nous avons faites, et d'obtenir la sécurité que nous sommes en droit d'exiger pour la défense de nos frontières et le développement économique de notre chère Patrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Grandidier, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier, Bouvier, Bigourdan, de Launay; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le Dr **René Larger** pour ses ouvrages intitulés :

De l'extinction des espèces par la dégénérescence, ou maladie des rameaux phylétiques, 1911; — *Théorie de la contre-évolution ou dégénérescence par l'hérédité pathologique*, 1917.

Lorsqu'on étudie l'évolution des êtres organisés pendant les périodes géologiques, on voit les rameaux se développer progressivement, puis, arrivés à un maximum, disparaître souvent d'une manière brusque. On a cherché à expliquer cette disparition subite par diverses causes, notamment par des changements de climat ou par des épidémies; le Dr Larger a eu l'idée de rattacher la cause de cette extinction des groupes à la pathologie et spécialement à la dégénérescence, motivée elle-même par un excès de spécialisation. Il montre que cette dégénérescence pathologique entraîne une diminution progressive des moyens de défense de l'organisme; elle se traduit par un certain nombre de caractères, ou stigmates, qui affectent le squelette et qui par suite peuvent être observés aussi bien sur les fossiles que sur les animaux vivants. Il signale en particulier les déformations acromégaliques, résultant d'un trouble de la nutrition osseuse, et les anomalies du système dentaire, telles par exemple que la disparition de l'émail.

Pour donner plus de généralité à ses études sur ce sujet, il a visité les principales collections en France et à l'étranger : en Allemagne, en Belgique et en Angleterre. Il a pu ainsi vérifier l'existence de ces caractères de dégénérescence chez les Ptérosauriens, chez certains Dinosauriens, chez les Proboscidiens et chez les grands Cétacés; ils coïncident souvent avec l'exagération de la taille : son augmentation progressive correspond d'abord à une évolution normale, elle ne devient pathologique que par excès de spécialisation. Comme dans les races humaines, le gigantisme présente toujours des caractères de dégénérescence et l'on comprend ainsi que bien souvent les rameaux phylétiques se terminent par des formes géantes; le nanisme qui l'accompagne quelquefois est lui aussi une forme de dégénérescence et il peut également contribuer à la disparition des rameaux.

Le Dr **R. Larger** a consacré plusieurs années à l'étude de ces questions, si intéressantes pour la philosophie des sciences biologiques; il vient malheureusement de succomber il y a quelques jours à peine. Votre Commission ne vous en propose pas moins de décerner à ses travaux le prix Binoux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille Berthelot est décernée à :

MM. **Georges Rivat**, lauréat du prix Montyon des Arts insalubres;
Louis Maillard, lauréat du prix Jecker;
Marcel Sommelet, lauréat du prix Jecker;
René Locquin, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Guignard, Roux, Haller, A. Lacroix, Douvillé; Edmond Perrier, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Recherches sur les migrations géographiques et bathymétriques des poissons et sur les conditions qui les régissent.

Rarement il a été répondu plus largement à une question posée pour un prix, par l'Académie que ne l'a fait M. **Louis Roule**, professeur au Muséum national d'Histoire naturelle. Ses travaux ont porté sur le

Thon; sur le séjour dans les abîmes océaniques des larves demeurées si longtemps inconnues des Anguilles et des poissons analogues : Congres, Murènes, Nemichthys, sur le Saumon, l'Alose, l'Esturgeon, les Athérines ou Sanclets, les Mulets, la Truite des lacs. Des erreurs nombreuses étaient depuis longtemps accréditées sur les mœurs de ceux de ces animaux qui paraissaient devoir être le mieux connus, puisque ce sont ceux qui paraissent le plus souvent sur nos tables; M. Louis Roule s'est appliqué à redresser ces erreurs par des observations précises et multipliées. En voici quelques exemples :

Les Thons passaient pour accomplir des migrations de grande étendue. Ils se déplacent, en effet, en mai et en juin pour accomplir leur ponte, et se réunissent en des endroits déterminés pour se disperser ensuite, la ponte accomplie. Mais les Thons de l'Atlantique ne quittent pas pour cela l'Océan, et ceux de la Méditerranée demeurent dans cette mer; les premiers pondent dans la baie d'Espagne; les seconds dans les eaux de la Sardaigne, de la Sicile et de la Tunisie. Tous vivent près de la surface, tant que la température est suffisamment élevée entre 100^m et 200^m; ils se rendent périodiquement dans leur lieu de ponte et reviennent ensuite dans leur région de départ. Les Sardines et les Maquereaux se comportent à peu près de la même façon.

Contrairement à la croyance généralement répandue de migrations régulières des Saumons de la mer dans les fleuves, les Saumons nés dans les fleuves et qui se rendent à la mer pour vivre plusieurs années dans les régions profondes du large, ne remontent les fleuves qu'une seule fois s'ils sont femelles, deux ou trois fois tout au plus, de deux ans en deux ans, s'ils sont mâles.

L'Esturgeon en mer n'habite pas, comme on l'a pensé longtemps, les régions profondes, mais les fonds vaseux du plateau continental; c'est de là qu'il remonte les fleuves.

M. Roule a constaté, d'autre part, que le Thon habite de préférence les eaux tièdes et que la recherche de ces eaux est une des causes prochaines de leurs migrations. De même le Saumon émigre à la recherche des eaux les plus oxygénées, et il en est de même, en mer, des Mulets. Ce sont là pour les pêcheurs des indications précieuses et qui méritent largement le prix pour lequel ce travail de M. **Roule** a été présenté.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Barrois, Le Chatelier, Moureu; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Étudier les effets de la pression sur les combinaisons chimiques en général et, en particulier, sur celles qui sont susceptibles d'une application pratique.

Aucun Mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Violle, Le Chatelier, Bouty, Villard, Branly, Moureu; Lippmann, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Découvrir une couche photographique, sans grains visibles, et aussi sensible que le gélatinobromure actuellement en usage.

Aucun Mémoire n'a été présenté.

Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Jordan, Boussinesq, Appell, Painlevé, Humbert, Bigourdan; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Lebesgue**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de mathématiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences naturelles.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Bouvier, Douvillé, Mangin, Termier; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ESTRADE DELCROS.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Haller, Douvillé; A. Lacroix, rapporteur.)

Dans une classification des hommes de science, M. **H. Perrier de la Bathie** occuperait une place très spéciale dans laquelle il n'aurait sans doute que peu de voisins.

Parti de France, il y a quelque vingt ans, pour aller chercher fortune à Madagascar, il s'y est passionné pour la Botanique d'abord, pour la Géologie ensuite, et il n'a pas tardé à faire de leur étude le but principal de son existence. Il est actuellement, dans la Grande Ile, l'homme connaissant le mieux son Histoire naturelle et les questions pratiques qui s'y rattachent.

La culture d'une rizière et quelques prospections lui permettent de vivre en sauvage, et de faire de continuelles randonnées à travers l'Ile qu'il a sillonnée de ses itinéraires. L'administration de la Colonie lui a fait souvent des offres, qui eussent été tentantes pour beaucoup d'autres, afin de s'attacher le précieux concours de sa compétence, mais sa passion farouche pour la vie indépendante dans la brousse a été trop forte pour lui permettre d'accepter autre chose que des missions temporaires n'enchaînant en rien sa chère liberté. Il n'a interrompu ses recherches que pour venir, malgré son âge, faire son devoir de Français dans les tranchées de Lorraine, puis au Maroc, et, aussitôt libéré, il s'est hâté de repartir poursuivre son œuvre de naturaliste et d'explorateur jamais lassé.

De quelle valeur scientifique sont les immenses collections botaniques, géologiques, paléontologiques, recueillies par M. Perrier de la Bathie, les directeurs des collections du Muséum d'Histoire naturelle, de l'École des Mines, du Musée Colonial de Marseille, de l'Académie

Malgache, et beaucoup d'autres savants, seuls pourraient le dire, car M. Perrier de la Bathie ne collectionne pas pour lui; non seulement il donne le produit de ses récoltes, de ses fouilles, à nos grands établissements nationaux, mais il les accompagne de copieuses Notes relatant ses observations, effectuées avec beaucoup de perspicacité et de compétence, ne demandant en échange que les déterminations qu'il ne peut faire sur place et des suggestions pour de nouvelles recherches.

Il a donc beaucoup travaillé pour autrui, avec un désintéressement aussi complet au point de vue scientifique qu'au point de vue pécuniaire. Mais il a aussi publié lui-même bon nombre de ses découvertes, soit en botanique, soit en géologie, dans divers recueils de France (notamment dans les *Comptes rendus*) et de Madagascar. Il vient de terminer un volumineux Ouvrage sur la végétation de Madagascar dans ses rapports avec sa constitution géologique et sa situation géographique. C'est un remarquable travail de géographie botanique, enrichi d'un nombre considérable de magnifiques photographies montrant le facies caractéristique de la végétation, herbacée ou forestière, des diverses zones botaniques qu'il a cherché à préciser dans ce pays si remarquable par sa flore, comme à tant d'autres égards. La complexité de la nature du sol de Madagascar, la variété du climat de ses diverses régions, de latitude et d'altitude différentes, donnent aux recherches de cet ordre un intérêt exceptionnel que m'ont signalé tous les botanistes de l'Académie.

La Commission du prix Estrade Delcros est unanime à proposer à l'Académie de donner cette haute distinction à M. **H. Perrier de la Bathie**, voulant récompenser en sa personne la science libre de toute attache officielle et honorer une vie tout entière consacrée avec tant de succès à l'étude désintéressée de la Nature.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX J.-J. BERGER.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Armand Gautier, Violle, Tisserand, Kœnigs; Émile Picard et Carnot, rapporteurs.)

La Commission propose de partager également le prix entre :

M. **Paul Juillerat**, ancien chef du bureau administratif des services d'hygiène de la Ville de Paris, pour la part qu'il a prise à l'établissement du *Casier sanitaire des maisons de Paris;*

M. **Émile Gérards**, sous-ingénieur municipal à l'inspection générale des carrières de la ville de Paris, pour la part qu'il a prise à la publication de l'*Atlas des anciennes carrières souterraines de Paris*.

Rapport de M. Émile Picard *sur les travaux de M.* **Paul Juillerat.**

En 1893, le Conseil municipal de Paris ayant décidé la création d'un *Casier sanitaire des maisons de Paris*, M. **Juillerat** fut chargé par le Préfet de la Seine d'organiser ce nouveau service. Commencé l'année suivante, ce travail considérable fut achevé en 1900. Depuis lors, toutes les maisons de Paris possèdent leur dossier complet. Chacune d'elles a son plan, et tous les décès par maladies contagieuses ainsi que les désinfections dont elle a été l'objet ont été enregistrés journellement avec soin, de façon à fournir des renseignements sûrs et précis de nature à être utilisés pour la lutte contre les maladies évitables. On a pu ainsi se rendre compte à tout instant de l'état de salubrité de chaque immeuble. Tous les ans, à partir de la création du Casier sanitaire jusqu'en 1919, M. Juillerat a consigné dans un rapport détaillé au préfet de la Seine la marche et les résultats de cette œuvre.

Parmi ces derniers, l'un des plus frappants est relatif à la tuberculose et à sa répartition. En 1905, le dépouillement de tous les dossiers permit de constater que, pendant la première décade, sur les 80 000 maisons de la ville, on en comptait environ 5000 qui avaient fourni, à elles seules, 38 pour 100 du nombre total des décès par tuberculose pulmonaire. Il y avait des îlots d'habitations dans lesquelles cette maladie sévissait tout particulièrement. La visite et l'assainissement méthodique de ces foyers ne tardèrent pas à montrer l'influence décisive de l'obscurité des locaux d'habitation sur le développement et la propagation de la maladie, influence que M. Juillerat traduit dans cette formule : la tuberculose est la maladie de l'obscurité.

Depuis 1905, le travail d'assainissement a porté sur plus de 3500 maisons les plus frappées par la tuberculose, comportant près de 285 000 chambres habitées par 315 000 personnes. Dans les maisons assainies, le taux de la mortalité par tuberculose, qui était avant 1905 de plus de 8 pour 1000 habitants, n'atteignait guère plus de la moitié de ce chiffre en 1917.

L'institution du Casier sanitaire de la ville de Paris a conduit ainsi à la disparition progressive des logis et des chambres sans air ni lumière,

qui étaient des foyers de tuberculose. On conçoit sans peine que les renseignements fournis par ce Casier sont également des plus utiles pour étudier et combattre les autres maladies sur l'étiologie desquelles le logement peut avoir une influence. Ces renseignements ont inspiré toutes les lois d'hygiène publique, qui sont intervenues dans ces derniers temps.

On voit par là de quelle utilité pour la population parisienne et de quelle importance sociale a été l'œuvre inaugurée par M. Juillerat, à laquelle il s'est consacré sans relâche pendant 25 ans, avec une intelligence et un zèle au-dessus de tout éloge.

La Commission est unanime à proposer de donner la moitié du prix Jean-Jacques Berger à M. **Paul Juillerat**, chef honoraire du bureau administratif des services d'hygiène de la ville de Paris.

Rapport de M. Adolphe Carnot *sur l'Atlas des anciennes carrières souterraines de Paris par M.* **Émile-Constant Gérards.**

Le Directeur administratif des Travaux de Paris a adressé à l'Académie des Sciences l'Atlas des anciennes carrières souterraines de Paris, dont la publication se poursuit depuis l'année 1894. Cet ouvrage est accompagné d'une notice explicative d'un grand intérêt.

Elle expose d'abord la constitution géologique du sol de Paris, dont les différents terrains superposés sont successivement visibles dans leurs affleurements depuis le Point-du-Jour, au Sud-Ouest, jusqu'aux hauteurs de Belleville et de Ménilmontant, au Nord-Est.

A la base, la puissante assise de la *craie* et des *marnes de Meudon*, de plus de 500^m d'épaisseur, appartient à l'*ère secondaire*. Au-dessus, l'*ère tertiaire* comprend : 1° l'*argile plastique*, le *calcaire grossier* et les *caillasses*, les *sables de Beauchamp*, la *travertin de Saint-Ouen* et les deux *masses inférieures du gypse*, appartenant à la *série éocène*; 2° les deux masses supérieures du *gypse* et leurs *marnes*, les *glaises vertes*, le *calcaire de Brie* et les *sables de Fontainebleau*, de la *série oligocène*.

La plupart de ces formations sont constituées par des matériaux susceptibles d'applications industrielles; leur réunion dans le sol parisien a été l'une des causes principales du développement de la capitale, qui a, dès l'époque gallo-romaine, utilisé, pour la construction des chaussées, des maisons et des édifices, l'argile, les marnes, le calcaire grossier et le gypse des formations comprises dans son périmètre.

L'*argile plastique*, servant au modelage artistique pour les sculpteurs,

mais aussi à la fabrication industrielle des tuiles et des briques, a été exploitée à ciel ouvert et souterrainement dans les XIIIe, XIVe et XVe arrondissements.

Le *calcaire grossier* a fourni la pierre de taille et les moellons pour la plupart des maisons et des édifices de Paris construits avant le XIXe siècle. Les exploitations souterraines se sont étendues sous les quartiers de Chaillot, de Passy et de Reuilly, sur la rive droite de la Seine, et, sur la rive gauche, sous les Ve, VIe, XIIIe, XIVe et XVe arrondissements.

Quant au *gypse* ou pierre à *plâtre*, il a été exploité dans le nord-est de Paris, où l'on a trouvé, intercalés entre des couches de marnes, quatre groupes de couches de gypse, dont la plus élevée, nommée *première masse*, atteignait de 12^m à 15^m d'épaisseur, aux Buttes-Chaumont, à Belleville et à Ménilmontant, et jusqu'à 18^m à Montmartre. La deuxième masse variait entre 5^m et 8^m; la troisième de 2^m à 5^m. La plus basse ou quatrième masse avait une épaisseur faible et irrégulière à Paris. Toutes les carrières souterraines de gypse sont maintenant effondrées ou remblayées et, par conséquent, inaccessibles.

Les carrières souterraines de calcaires sont donc, en définitive, les seules dont on ait aujourd'hui à s'occuper au point de vue de la stabilité du sol, sur lequel s'établissent les monuments ou les habitations, les voies de transport, etc.

Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les *calcaires* avaient été fouillés sans méthode et sans prudence, surtout dans les régions qui étaient alors en dehors de l'enceinte de la ville, mais qui ont été peu à peu englobées par les extensions répétées de cette enceinte. Des éboulements plus ou moins importants amenèrent souvent la ruine de constructions extérieures; mais surtout, un très grave effondrement se produisit en décembre 1774, à l'entrée de la nouvelle route d'Orléans, près de la place actuelle Denfert-Rochereau. Le sol s'effondra subitement et laissa une excavation de près de 20^m de profondeur sur 100^m de superficie. Cet accident et d'autres encore, arrivés dans les années suivantes, 1775 et 1776, jetant l'effroi dans la population, déterminèrent la création d'un *service spécial* pour *l'inspection des carrières* et la consolidation des parties où elle serait reconnue nécessaire.

Plusieurs brigades de géomètres pénétrèrent dans les carrières encore accessibles, levèrent les plans avec beaucoup d'exactitude et l'on arrêta la méthode à employer pour exécuter les travaux intéressant la sécurité des quartiers sous-minés.

La Ville de Paris a pris à sa charge les travaux à faire sous les voies

publiques, sous les propriétés municipales et, plus tard, sous les nouveaux réseaux d'égouts et de conduites d'eau, où il importait particulièrement d'assurer la stabilité des ouvrages.

Quant aux propriétés privées, leur consolidation est restée à la charge des particuliers ou des sociétés propriétaires, le Code civil (art. 553) ayant prescrit que la propriété du sol comporte, pour les carrières, la propriété du dessous avec ses profits et ses charges.

Mais, lorsque les propriétaires demandent l'autorisation d'élever des constructions sur des terrains sous-minés, ils sont informés par le Service des Carrières, des travaux qu'ils sont tenus d'exécuter à leurs frais pour assurer la stabilité des constructions projetées, les procédés de consolidation restant les mêmes, quels que soient les propriétaires du sol : Ville, État ou particuliers.

Les anciennes carrières souterraines connues présentent une surface d'environ 780^{ha}; le réseau des galeries d'inspection se développe sur près de 140^{km} sous les voies publiques et les propriétés de la Ville ou de l'État. On évalue à 150^{km} les galeries et les vides qui subsistent sous les propriétés privées.

Les dépenses faites depuis la fondation du Service des Carrières peuvent atteindre 90 millions de francs, dont 65 millions au compte de la Ville de Paris, 5 millions au compte de l'État et 10 millions à celui des sociétés ou particuliers propriétaires d'immeubles.

Les dangers d'autrefois sont considérablement atténués; mais les travaux et ouvrages de toute sorte, commandés par les transformations continues de Paris, obligeront toujours les ingénieurs et les architectes à s'assurer contre le vice du sol résultant de l'existence des anciennes exploitations souterraines.

La collection des plans et coupes des carrières et des travaux exécutés par le Service des Carrières, qui avait été déposée à l'Hôtel-de-Ville, a été brûlée avec cet édifice, en mai 1871. Un arrêté préfectoral du 24 août de la même année en a prescrit la reconstitution, et, heureusement, ce travail a pu être fait, grâce à quelques documents échappés au désastre ou retrouvés chez des constructeurs, des propriétaires, dans des études de notaires ou enfin grâce aux levés nouveaux exécutés par le Service des Carrières.

Le Conseil municipal décida, le 30 décembre 1893, qu'un nouvel Atlas serait exécuté et publié, et le travail, commencé en 1894, fut continué régulièrement depuis lors.

L'Atlas complet comprend de 113 feuilles pour les régions situées

dans les limites actuelles de Paris. Ces feuilles sont rattachées à la méridienne et à la perpendiculaire, qui passe par la façade sud de l'Observatoire; elles représentent, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ (1^{mm} pour 1^{m}), le plan des rues et des propriétés des régions sous-minées de Paris, avec le figuré précis des anciennes carrières souterraines connues, l'indication des carrières à ciel ouvert et les renseignements recueillis sur la constitution géologique du sol en beaucoup de points exactement repérés.

Cette publication est d'une grande utilité pour l'Administration et aussi pour le public; elle éclaire les possesseurs de terrains sous-minés sur les dangers qu'ils peuvent courir, souvent à leur insu, et elle renseigne le public sur la nature du sol d'une partie importante de la capitale, que ce sol soit ou ne soit pas fouillé.

La Commission estime que cet important ouvrage du Service technique des Carrières mérite l'attribution de la moitié du prix Berger. Cette récompense sera affectée à M. **Émile-Constant Gérards**, qui dirige depuis de longues années les études techniques et les travaux relatifs à cette publication.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Boussinesq, Lippmann, Émile Picard, Bigourdan, Baillaud; Appell, rapporteur.)

Avant la guerre, on se préoccupait, dans la préparation des mesures de défense, moins des aéroplanes que des ballons dirigeables; on avait construit un auto-canon, destiné principalement au tir contre zeppelins et accessoirement au tir contre avions. Mais, une fois les hostilités ouvertes, une fois constatée l'importance chaque jour croissante des avions de reconnaissance, de chasse ou de bombardement, il fallut organiser effectivement le tir contre avions, dont il est permis de dire que les principes mêmes étaient encore à trouver.

La lutte contre avions entra vraiment dans une phase rationnelle vers le milieu de 1915; elle reçut une puissante impulsion, au commencement de 1916, quand le lieutenant-colonel **Eugène Pagézy**, qui s'était signalé avant la guerre par d'importantes publications sur les aéroplanes, prit la direction du centre d'instruction antiaérienne, à Arnouville. Sous cette

direction, avec la collaboration du commandant Bricard, des capitaines Paris, Riberolles et Lévy, des instruments de tir contre avions furent construits avec des appareils accessoires : altimètre à fils, altimètre monostatique, correcteur automatique du télémètre d'altitude, tachyscope mesurant la vitesse, appareil donnant la correction du vent, etc.; nous citerons encore les appareils de pointage du 105 contre avion, des appareils pour le tir de nuit, des règlements de pointage, et, enfin, le calculateur automatique des éléments du tir, sorte de machine à intégrer mécaniqement certains types d'équations différentielles, analogue aux machines du savant ingénieur espagnol M. Torres y Quevedo.

Il est impossible, dans ce rapport sommaire, d'établir la part personnelle de chacun des officiers que nous avons nommés. Il est juste d'ajouter à leurs noms celui du lieutenant R. Weil, de la défense contre avions du Gouvernement militaire de Paris, directeur du centre d'instruction d'Ecouen, qui a apporté une large contribution aux méthodes scientifiques de tir, en utilisant le concours de laboratoires et de savants de Paris.

La Commission, décidant de récompenser les travaux relatifs à l'importante question du tir contre avions, qui soulève de multiples problèmes d'ordre scientifique, vous propose de décerner le prix Saintour au lieutenant-colonel **Pagézy**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX H. DE PARVILLE.

Ouvrages de sciences.

(Commissaires : MM. Deslandres, A. Lacroix, Appell, Armand Gautier, Carnot; Émile Picard et Guignard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner deux prix de 1500^{fr} :

L'un à M. **Héloïs Ollivier**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour son *Cours de physique générale;*

L'autre à MM. **Adrien Loir**, professeur à l'Institut maritime commercial du Havre, et **H. Legangneux**, chef du laboratoire municipal de bactériologie du Havre, pour leur ouvrage intitulé : *Les produits de la mer*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, Guignard, Laveran, Maquenne, Mangin, Charles Richet; Roux, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder le prix Lonchampt à M. **Camille Delezenne**, professeur à l'Institut Pasteur, pour son travail : *Sur la présence et le rôle du zinc chez les animaux.*

Dans cet important travail, auquel il a été conduit par des recherches antérieures sur les venins des serpents, M. **Delezenne** établit d'abord que le zinc, qui n'était guère considéré jusque-là que comme un élément accidentel du corps des animaux, s'y rencontre avec la même constance que le calcium, le magnésium ou le fer. Le sang et tous les organes, dans l'ensemble de la série zoologique, en renferment des quantités nettement appréciables, parfois même assez élevées (centres nerveux, thymus, foie, phanères, etc.). On le trouve également dans le lait chez les mammifères, dans l'œuf chez les oiseaux et les reptiles, etc.; mais, fait curieux, et dont M. Delezenne a réussi à mettre en évidence la signification et la portée physiologique, le métal est particulièrement abondant dans les venins de serpents. Certains en sont si richement pourvus que les cendres peuvent contenir jusqu'à 20 pour 100 d'oxyde de zinc sans aucun autre métal décelable par l'analyse, si l'on excepte ceux dont la présence est partout banale (Na, K, Ca, Mg).

M. Delezenne et ses collaborateurs avaient montré antérieurement que les venins doivent certaines de leurs actions caractéristiques à des diastases capables de dédoubler, à dose infime, des corps phosphorés tels que la lécithine et les acides nucléiques qui sont parmi les constituants essentiels de l'organisme. Cette constatation devait le conduire à rechercher si l'activité de ces diastases spéciales, comme celle de quelques autres bien connues, n'était pas conditionnée par la présence d'un métal particulier. Les cendres de quelques venins de serpents soumises à l'examen spectrographique, avec le concours de notre confrère M. de Gramont, révélèrent immédiatement la présence du zinc et apparemment en assez grande quantité. Une méthode très précise de dosage permit à M. Delezenne d'en fixer la teneur dans un grand nombre de venins différents et d'établir que leur toxicité et l'intensité des actions diastasiques qu'ils déterminent *in vitro*, tant sur la lécithine que sur les acides nucléiques, sont nettement en rapport avec leur richesse en zinc. Les venins de colubridés, dont on connaît la très grande nocivité sont

aussi ceux qui sont de beaucoup les plus riches en zinc. Les venins de vipéridés, infiniment moins actifs, en renferment trois à cinq fois moins. Si l'on considère l'intensité de leurs actions diastasiques, les venins d'un même groupe se classent suivant leur teneur en zinc; souvent même une faible variation de teneur en zinc entre deux échantillons d'un même venin entraîne une variation d'activité de même sens.

Ces faits ne permettent guère de douter que les actions physiologiques si curieuses des venins ne soient, en grande partie tout au moins, liées à la présence du zinc. Sous quelle forme se trouve ce métal dans les venins, à quelles substances est-il lié et quel est le rôle respectif des divers éléments qui confèrent à ces sécrétions leurs curieuses propriétés ? Autant de questions que M. **Delezenne** a examinées successivement et qui, à la suite des observations qu'il a faites au cours de son travail, l'ont conduit à d'intéressantes suggestions, non seulement sur la constitution et le mode d'action des diastases des venins, mais encore sur le rôle du zinc dans le fonctionnement des êtres vivants.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. Grandidier, Lippmann, Émile Picard, Guignard, A. Lacroix, Bigourdan; Violle, rapporteur.)

Parmi les travaux qui lui ont été soumis, votre Commission a retenu ceux de deux savants qui ont réussi à joindre la pratique avec la théorie, M. **Jean Rey**, ingénieur civil des Mines, administrateur-directeur des Anciens établissements Sautter-Harlé, et M. **Adrien Bochet**, directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

M. **Jean Rey** débuta, dans sa carrière déjà longue d'opticien, par réaliser les premiers réflecteurs de court foyer à deux surfaces sphériques, considérés alors comme irréalisables. Puis, créant une technique entièrement nouvelle pour la taille des miroirs sphériques ou paraboliques en verre comme en métal, il réussit à fabriquer de grands réflecteurs métalliques, qui atteignaient jusqu'à $2^{m},25$ de diamètre et qui, pouvant supporter des trépidations et même les perforations des balles, nous furent singulièrement précieux à la guerre.

Il eut ensuite l'idée d'appliquer les mêmes réflecteurs à la construction de phares d'un système entièrement nouveau, fondé sur l'emploi

de portions de réflecteurs, découpées dans un même miroir parabolique et disposées de façon à produire le nombre d'éclats voulus pour chaque tour de l'appareil.

La rapidité avec laquelle il put être construit permit d'établir pendant la guerre l'appareil optique du phare de la Galite (en Tunisie), à 4 éclats groupés et d'une intensité égalant celle d'un phare de Fresnel, à éclats réguliers, du plus grand modèle employé sur les côtes de la Méditerranée.

Ces études techniques ont conduit M. Rey à entreprendre des recherches d'ordre scientifique sur les projecteurs et les sources de lumière. Dès 1893, il appliquait à l'examen des projecteurs la méthode des petits trous, imaginée par M. Blondel pour étudier l'éclat intrinsèque en divers points des surfaces. Il s'arrangeait de façon à ne recueillir que les rayons parallèles à l'axe; et, finalement, il établissait une méthode de laboratoire permettant de tracer avec exactitude la caractéristique d'un feu comme s'il était vu à la limite de sa portée. Il a réuni dans un exposé didactique « Sur l'intensité et la portée des projecteurs de lumière électrique » les travaux exécutés par lui et par ses collaborateurs, depuis vingt-cinq ans, pour déterminer le flux lumineux des gros arcs électriques et leur éclat intrinsèque, afin d'en déduire les meilleures conditions de fonctionnement et la portée probable selon l'éclairement et la couleur des objets. Au cours de ces recherches, d'importants perfectionnements ont été apportés aux arcs électriques et ont permis d'accroître l'éclat intrinsèque du cratère bien au delà des nombres autrefois admis.

D'autre part, en collaboration avec M. Blondel, qui avait commencé de longue date à étudier le sujet, M. Rey a recherché les conditions les plus favorables à la production de brefs éclats de lumière à la limite de leur portée, en vue de déterminer le meilleur fonctionnement des sources lumineuses et des appareils optiques employés pour envoyer des signaux. Ces études, qui ne sont pas terminées, ont conduit déjà MM. Blondel et Rey à l'énoncé d'une loi d'optique physiologique, qui présente le grand intérêt d'être en concordance avec des expériences faites par d'autres physiciens ou physiologistes sur d'autres sortes d'excitation sensorielle.

M. **Adrien Bochet** est l'auteur d'importants travaux touchant l'électricité et la mécanique, l'inventeur d'ingénieux appareils réclamés par l'industrie ou les services de la Guerre et de la Marine.

C'est à lui qu'est due la première application du moteur Diesel à la navigation, et spécialement l'adaptation de ce moteur aux sous-marins. Avec la collaboration de praticiens dévoués, M. Bochet réalise un mode de réfrigération et de ventilation des soutes à munitions et pare ainsi au grave danger de décomposition des poudres. Il établit un système de commande électrique, fonctionnant sur de nombreux navires de guerre.

Il s'attache particulièrement à perfectionner les projecteurs, dont, bien avant la guerre, il s'efforçait de développer l'emploi dans l'armée. Dès le début des hostilités, chef de bataillon du génie de réserve, il est choisi comme chef du service des projections militaires, personnel et matériel, qu'il tient en main sur tout le front.

En même temps, il imagine un système d'une remarquable simplicité pour la recherche des avions au moyen des projecteurs : il établit un asservissement complet par câbles funiculaires entre le projecteur et un manche de commande, orienté à la main d'après la vision directe de l'avion ennemi ou d'après les indications fournies automatiquement par un des appareils de goniométrie acoustique en service aux Armées.

M. Bochet est arrivé au résultat surprenant de trouver instantanément un avion avec la seule indication acoustique et de le conserver ensuite constamment dans le faisceau. Pour suivre ainsi un but mobile, quelle qu'en soit la vitesse, il remplace le mode habituel d'orientation du projecteur autour de deux axes, l'un vertical et l'autre horizontal, par un mode d'orientation complètement nouveau, au moyen d'une suspension à la Cardan, réalisée par un axe mobile se déplaçant dans un berceau circulaire à un axe horizontal. L'ensemble de ces méthodes nouvelles nous donnait à la fin de la guerre une grande supériorité sur toutes les armées étrangères.

En récompense des travaux si intéressants de ces deux auteurs, votre Commission vous propose de décerner deux prix de mille francs, l'un à M. **Jean Rey**, l'autre à M. **Adrien Bochet**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Thorlet à M. **Adolphe Richard**, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures, qui poursuit l'établissement de l'inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mmes **Cusco** et **Ruck**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Ce prix n'ayant pu être décerné en 1915, 1916 et 1917, par suite de l'interruption des études causée par la guerre à l'École Polytechnique, l'Académie le décerne en 1919 :

1° à M. **Robert-Henri Le Besnerais**, né à Paris, le 3 juillet 1893, sorti de l'École Polytechnique, en 1919, avec le n° 1, dans la promotion 1912;

2° à M. **Maurice-Victor Duruy**, né à Caen, le 21 novembre 1894, sorti de l'École Polytechnique, en 1919, avec le n° 1, dans la promotion 1913;

3° par une dérogation au règlement de la fondation, qui lui paraît suffisamment justifiée par la valeur et la belle conduite du lauréat, à **Charles-Marie Carcopino-Tusoli**, né à Nouméa (Nouvelle-Calédonie), le 8 septembre 1894, entré premier à l'École Polytechnique en 1913, classé premier en fin de sa première année d'études, tué à son poste de combat, au Mort-Homme, le 21 juin 1916.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé ainsi qu'il suit, entre les huit élèves des promotions 1912 et 1913, sortis en 1919, de l'École Polytechnique, avec les nos 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

MM. **Robert Le Besnerais** et **Maurice Duruy**, sortis premiers dans le corps des mines, reçoivent chacun *sept cent cinquante francs;*

MM. **Louis Delmas** et **Henri Pagezy**, sortis seconds dans le corps des mines, reçoivent chacun *cinq cents francs;*

MM. **Joseph Fontaine** et **Albert Masselin**, sortis premiers dans le corps des ponts et chaussées, reçoivent chacun *sept cent cinquante francs;*

MM. **Robert Besse** et **Henri Lang**, sortis seconds dans le corps des ponts et chaussées, reçoivent chacun *cinq cents francs.*

PRIX DE L'ÉCOLE NORMALE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Appell, Edmond Perrier, Violle, Villard, Puiseux; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de renoncer définitivement à l'attribution du prix de l'École Normale, qui sera retiré du concours.

Cette proposition est adoptée.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués cette année.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **René Baire**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, en récompense de ses remarquables travaux sur la théorie générale des fonctions.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués cette année.

FONDS BONAPARTE.

(Commissaires : M. le Prince Bonaparte, membre de droit, et MM. Guignard, président de l'Académie, Émile Picard, A. Laveran, Bouvier, Carpentier, Lallemand, Daniel Berthelot; Lecomte, rapporteur.)

La Commission a eu à examiner dix-huit demandes de subventions. Elle propose à l'Académie d'accorder :

1° 5000^{fr} à M. **Charles Alluaud**, voyageur naturaliste du Muséum

national d'Histoire naturelle, déjà connu par de fructueuses explorations des hautes montagnes d'Afrique, pour entreprendre une expédition zoologique et botanique dans la chaîne du grand Atlas marocain.

Cette demande est appuyée par MM. le Prince *Bonaparte*, *Bouvier* et *Lecomte*.

2° 2000fr à M. **A. Boutaric**, chargé de conférences à la Faculté des Sciences de Montpellier, en vue de la construction d'un appareil enregistreur du rayonnement nocturne.

Cette demande est appuyée par M. *Violle*.

3° 1000fr à M. **Émile Brumpt**, professeur à la Faculté de Médecine de Paris, en vue de la continuation de ses travaux sur l'hémoglobinurie parasitaire ou piroplasmose des Bovidés et pour l'étude zoologique des Piroplasmes des Bovidés.

4° 3000fr à M. **E. Fauré-Fremiet**, préparateur au Collège de France, pour reprendre une série d'études sur l'histogénèse et sur certaines applications chirurgicales.

Cette demande est appuyée par MM. *Edmond Perrier* et *Henneguy*.

5° 3000fr à M. **A. Guilliermond**, docteur ès sciences à Lyon, qui poursuit depuis plusieurs années des recherches intéressantes sur les organismes inférieurs et sur les mitochondries.

Cette demande est appuyée par MM. *Gaston Bonnier*, *Costantin*, *Mangin*, *Delage* et *Lecomte*.

6° 3000fr à M. **Joseph Martinet**, docteur ès sciences, pour lui permettre de poursuivre ses recherches sur les isatines susceptibles de servir de matières premières pour la synthèse de colorants indigoïdes.

Cette demande est appuyée par M. *Haller*.

7° 3000fr à M. **A. Vayssières**, professeur de Zoologie agricole à la Faculté des Sciences de Marseille et Correspondant de l'Institut, pour continuer ses recherches sur les Mollusques marins de la famille des Cypræidés.

Cette demande est appuyée par M. *Bouvier*.

8° 10 000fr à la **Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles**, pour la publication d'une Faune de la France.

Cette demande est appuyée par MM. le Prince *Bonaparte* et *Bouvier*.

En résumé, la Commission propose l'emploi suivant des sommes mises à la disposition de l'Académie par l'un de ses membres, le Prince Bonaparte :

1. M. ALLUAUD	5000fr
2. M. BOUTARIC	2000
3. M. BRUMPT	1000
4. M. FAURÉ-FRÉMIET	3000
5. M. GUILLIERMOND	3000
6. M. MARTINET	3000
7. M. VAYSSIÈRES	3000
8. FÉDÉRATION FRANÇAISE DES SOCIÉTÉS DE SCIENCES NATURELLES	10000

A la suite de la distribution de 1918, il est resté en réserve une somme de 72500fr.

Si les propositions de la Commission sont acceptées, un reliquat de 42500fr sera reporté aux années suivantes.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Guignard, Émile Picard, Jordan, Le Chatelier, le Prince Bonaparte ; A. Lacroix, rapporteur.)

Pour la première fois, le Conseil de la Fondation Loutreuil a pris ses décisions en temps de paix, mais la guerre est encore si près de nous que ses effets se sont fait sentir sur la quantité et parfois aussi sur la nature des demandes qui nous ont été adressées.

Je suis heureux de constater que les demandes ayant rapport à des recherches originales sur un sujet bien déterminé sont en progression. Le Conseil espère que dans l'avenir il aura surtout à examiner des requêtes de ce genre qu'il considérera avec une particulière bienveillance.

Cette année, les demandes formulées par les établissements désignés par le fondateur n'étaient qu'au nombre de deux; ce sont elles qui, comme de coutume, vont être considérées tout d'abord.

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'Histoire naturelle.* — 10 000fr pour la réorganisation de sa bibliothèque.

La bibliothèque du Muséum d'Histoire naturelle est destinée non seulement aux services de cet établissement, mais encore au public qui la fréquente avec assiduité.

L'extrême modicité des crédits dont disposent nos collections nationales n'a pas permis dans le passé de donner à cette bibliothèque, qui devrait renfermer tout ce qui a été publié sur l'histoire naturelle, les développements exigés par les rapides progrès de la science. Les périodiques en particulier ne sont pas assez nombreux et ceux qui existent sont souvent incomplets.

L'Assemblée des professeurs a profité de la nomination d'un nouveau bibliothécaire pour entreprendre une réforme de la bibliothèque du Muséum. Toutes les ressources disponibles sont consacrées à réviser et à perfectionner les catalogues, à compléter les séries de périodiques et à augmenter leur nombre. L'effort financier à faire est considérable; la somme de 10 000fr accordée aidera le Muséum à acquérir des périodiques; il devra fournir à l'Académie, dans un bref délai, l'état détaillé de tous ceux qu'il possède déjà. Il est autorisé à prélever sur cette subvention la somme nécessaire à ce travail qui doit être utilisé pour l'inventaire général des périodiques de science pure et appliquée contenus dans les bibliothèques de Paris et qui a été entrepris sous les auspices de l'Académie.

2° *Conseil central des Observatoires.* — 7500fr à l'**Observatoire de Paris**, pour achever le paiement d'un instrument des passages.

Cette subvention est le complément de celle donnée en 1916 pour le même objet. Il a paru utile, tant au point de vue du prestige de l'Astronomie française qu'au point de vue international, que le service de l'heure, confié à M. Baillaud, directeur de l'Observatoire, atteigne le plus haut degré de perfectionnement possible. L'instrument dont il est question ici contribuera à réaliser ce desideratum.

II. — *Subventions accordées sur demandes directes.*

Une pensée patriotique a fait donner cette année une place spéciale aux demandes formulées par des établissements ou par des collectivités ayant particulièrement souffert de la guerre.

1° 6000fr à la **Société géologique du Nord**, pour permettre à cette Société de reprendre ses travaux interrompus par la guerre.

Cette Société fondée par Gosselet, longtemps dirigée par lui, est présidée aujourd'hui par son élève, notre confrère, M. Ch. Barrois; elle est universellement connue et estimée des géologues. Elle a publié plus de 50 volumes de Bulletins et d'Annales consacrés à des travaux sur la géologie de notre sol national et sur celui de la Belgique.

L'invasion l'a ruinée, sa bibliothèque a en partie disparu, beaucoup de ses membres sont morts ou ont été dispersés, les ressources de la plupart de ceux qui la protégeaient ont été anéanties ou amoindries. Cette Société, cependant, a conservé des racines profondes dans le nord de la France, mais elle a besoin d'une aide pour reprendre sa laborieuse existence, pour publier un volume destiné à montrer au monde savant qu'elle n'est point morte. Cette aide, la Fondation Loutreuil la lui apporte en lui donnant la subvention qu'elle a demandée. Elle constitue en outre une marque d'estime pour son passé, un témoignage de confiance dans son avenir.

2° 10000^{fr} à l'**École des hautes études industrielles et commerciales de Lille** (Facultés catholiques de Lille), pour l'accroissement et la remise en état du matériel technique de l'École de Chimie. (Demande appuyée par M. *Aimé Witz*, Correspondant de l'Académie.)

C'est aussi dans une intention de solidarité qu'une subvention élevée est accordée à cette École, afin de l'aider à compléter l'organisation de l'École de Chimie industrielle fondée en 1916 sous la botte de l'ennemi, organisation qui, faute de ressources suffisantes, est restée incomplète. Toutes les initiatives doivent être encouragées qui contribueront à accroître le nombre des chimistes si nécessaires au relèvement de notre Industrie nationale en général et de celle du nord de la France en particulier.

3° 20 000^{fr} à l'**Observatoire de Ksara.** (Demande appuyée par MM. *Bourgeois* et *Lemoine.*)

L'Institut s'intéresse de longue date à l'Observatoire de Ksara, près Beyrouth, dirigé par le P. Berloty.

Au cours de la guerre, Turcs et Allemands ont rivalisé de zèle pour anéantir cette œuvre française. L'Observatoire a été pillé; tout, jusqu'aux portes et aux fenêtres, a été enlevé. La bibliothèque a été dispersée au vent, les instruments ont été volés ou détériorés; ce qui a pu en être récupéré se trouve en piteux état.

Les services déjà rendus par l'Observatoire de Ksara à la science astronomique et à la météorologie, aussi bien qu'à l'influence française dans le Levant, ont déterminé l'attribution à cet établissement d'une somme de 20 000fr. Elle contribuera à le remettre en état et à l'aider à reprendre son rôle d'avant-guerre.

C'est encore à l'Astronomie qu'ont été attribuées cette année d'autres subventions importantes.

4° 8000fr à M. **Henri Deslandres**, Membre de l'Académie, directeur de l'Observatoire d'astronomie physique de Meudon, pour l'étude des mouvements radiaux des vapeurs solaires et de l'épaisseur de l'atmosphère gazeuse du Soleil.

M. Deslandres emploie pour ses beaux travaux sur le Soleil des enregistreurs spéciaux qu'il appelle des *spectro-enregistreurs des vitesses*. Ils permettent de relever automatiquement les spectres photographiques de sections parallèles et équidistantes sur le disque entier de l'astre. Les épreuves ainsi obtenues permettent de mesurer les mouvements radiaux des vapeurs solaires et aussi l'épaisseur au bord de l'atmosphère gazeuse du Soleil.

La subvention accordée a un double but : permettre l'étude d'un grand nombre d'épreuves qui, faute de personnel, n'ont pu encore être mesurées; construire un spectro-enregistreur rotatif, grâce auquel pourront être obtenues des sections radiales toujours normales au bord du Soleil, ce qui permettra de réaliser un progrès notable sur les observations antérieures.

5° 7500fr à M. **Maurice Hamy**, Membre de l'Académie, astronome à l'Observatoire de Paris, pour réaliser certaines améliorations des appareils astronomiques qui en accroîtront notablement la précision.

Notre confrère a entretenu plusieurs fois l'Académie de ses recherches ayant pour but d'apporter aux instruments astronomiques des améliorations propres à accroître la précision des observations. Il a spécialement en vue la détermination très exacte des coordonnées géographiques de stations fort éloignées sur la surface terrestre, en utilisant les progrès accomplis en télégraphie sans fil. La comparaison des différences de longitude mesurées à des époques séparées par des intervalles plus ou moins longs montrera dans l'avenir si notre globe subit des déforma-

tions continues et, dans ce cas, elle fournira le moyen d'établir leur ordre de grandeur. La somme mise à la disposition de M. Hamy lui facilitera la construction du dispositif qu'il a en vue.

6° 3500^{fr} à M. **Félix Boquet**, astronome à l'Observatoire de Paris, pour la publication de Tables képlériennes. (Demande appuyée par M. *Emile Picard.*)

Les Tables établies par M. Boquet pour les calculs relatifs aux petites planètes et aux comètes permettront de déterminer directement les coordonnées héliocentriques de ces astres en fonction du temps. Ce travail est actuellement en cours d'impression à l'Observatoire d'Abbadia.

Deux autres subventions se rapportent aux Sciences Physiques.

7° 1000^{fr} à M. **G. Raymond**, pour lui permettre de poursuivre une série d'expériences actinométriques, intéressant la région méditerranéenne. (Demande appuyée par M. *Violle.*)

Ancien météorologiste-adjoint au Bureau Central météorologique, M. Raymond utilise les loisirs de sa retraite à la mesure de la radiation solaire. Cette subvention lui fournira le moyen d'acquérir un outillage plus complet et de poursuivre ainsi ses recherches avec toute l'exactitude désirable.

8° 10 000^{fr} à M. **Charles Marie**, secrétaire général des *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie*, pour faire face aux dépenses exceptionnelles de cette publication.

La guerre a interrompu la publication des Tables de constantes et données numériques auxquelles M. Marie a consacré avec tant de dévouement et de désintéressement sa grande activité. L'Académie a patronné déjà cette publication, internationale en principe, mais française par sa direction.

La subvention accordée est destinée à liquider l'arriéré et à faciliter la reprise de cette œuvre utile.

Il me reste à passer en revue les subventions données aux biologistes.

9° 10 000^{fr} à la **Fédération française des Sociétés de Sciences**

naturelles, pour la publication d'une faune française. (Demande appuyée par les Sections de Botanique et de Zoologie et Anatomie comparée.)

Cette jeune association est destinée à entrer dans le Comité national des Sciences biologiques prévu dans l'organisation générale du Conseil international de Recherches scientifiques récemment organisé à Bruxelles. Elle a été créée pour établir une liaison entre les diverses Sociétés d'histoire naturelle de notre pays qui, jusqu'ici, ont travaillé isolément.

Afin de montrer sa vitalité et son utilité, cette fédération a conçu en particulier le dessein de publier une série de volumes destinés à faire connaître méthodiquement la faune et la flore de la France. Il sera réalisé en utilisant l'activité des spécialistes, professionnels ou travailleurs libres, disséminés en si grand nombre sur notre territoire.

Ceci n'est plus un simple projet; plusieurs volumes déjà sont prêts pour l'impression. Pour mettre en train une semblable entreprise, une mise de fonds assez considérable est nécessaire. La subvention accordée en constituera le premier élément. Elle sera en même temps une marque de sympathie donnée à des efforts qui, à tous égards, méritent d'être encouragés.

10° 2000fr à M. **P. Lesne**, assistant au Muséum national d'Histoire naturelle, pour ses recherches sur les insectes des tourbières. (Demande appuyée par M. *Bouvier*.)

M. Lesne, qui est un entomologiste distingué, s'est attaqué à la reconstitution de la faune entomologique des tourbières sous-marines du littoral français. C'est une tâche difficile, ces dépôts ne renfermant des insectes qu'à l'état de débris (fragments de thorax, d'élythres, etc.). Les résultats déjà obtenus pour les tourbières du littoral breton sont pleins de promesse pour les recherches ultérieures de M. Lesne.

11° 2000fr à M. **A. Paillot**, directeur de la Station entomologique du Sud-Est, à Saint-Genis-Laval (Rhône), pour ses recherches sur les maladies microbiennes des insectes. (Demande appuyée par M. *Marchal*.)

M. Paillot s'est spécialisé dans l'étude des bactéries des insectes et des phénomènes qu'elles produisent chez ces invertébrés, comme aussi chez d'autres animaux où on les transplante.

Ces recherches ont plus qu'un intérêt théorique; elles conduisent

aussi à des résultats pratiques importants, ainsi que le montrent les travaux publiés par M. Paillot, notamment dans les *Comptes rendus*. Ce savant a bénéficié en 1917 d'une pareille subvention.

12° 2000^{fr} à M. **Just Aumiot**, docteur ès sciences, instituteur à Lyon, pour son étude méthodique des variétés de pommes de terre.

M. Aumiot a publié une thèse intéressante sur la pomme de terre et les mutations gemmaires culturales des *Solanum* tubérifères sauvages. Il s'occupe depuis 1888 de l'étude méthodique des variétés de pommes de terre. La subvention demandée a en particulier pour but l'étude de la fécondation croisée et l'hybridation par fécondation artificielle des *Solanum*. M. Aumiot espère qu'en croisant nos meilleures variétés européennes avec des variétés sud-américaines qu'une longue sélection naturelle a rendues réfractaires au *Phytophtora infestans*, il sera possible d'obtenir des plants résistant à la maladie, ce qui aurait un intérêt considérable.

Cette demande a été vivement appuyée par diverses autorités agricoles.

13° 5000^{fr} à MM. les Drs **Albert Peyron**, professeur d'Anatomie pathologique à l'Université d'Aix-Marseille, actuellement chef du laboratoire du cancer à l'Hôtel-Dieu, et **Gabriel Petit**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour l'étude expérimentale du cancer chez les gros mammifères. (Demande appuyée par MM. *Laveran* et *Quénu*.)

Cette subvention aidera aux auteurs à poursuivre sur de plus grands mammifères (chien, cheval) les études sur les greffes néoplasiques qu'ils ont exécutées jusqu'ici sur de petits animaux, tels que le rat et la souris.

14° 3000^{fr} à M. le D^{r} **Th. Nogier**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, pour terminer l'installation du laboratoire de radiophysiologie de l'Institut bactériologique de Lyon.

M. Nogier est connu par d'intéressants travaux de physique biologique qui ont été couronnés par l'Académie. Il n'a pas de laboratoire à la faculté. La subvention qui lui est accordée, sur le rapport de M. *d'Arsonval*, l'aidera à acquérir l'appareillage nécessaire à la production et

à la mesure des rayons X qui doivent être utilisés pour l'achèvement de travaux en cours.

Les subventions accordées s'élèvent à la somme de 107500^{fr}. Nous en donnons la récapitulation dans le Tableau suivant :

1° *Etablissements désignés par le donateur.*

	fr
Muséum national d'Histoire naturelle	10000
Observatoire de Paris	7500

2° *Demandes directes.*

Société géologique du Nord	6000
Ecole des hautes études industrielles et commerciales de Lille	10000
Observatoire de Ksara	20000
M. Henri Deslandres	8000
M. Maurice Hamy	7500
M. Félix Boquet	3500
M. G. Raymond	1000
M. Charles Marie	10000
Fédération française des Sociétés de sciences naturelles	10000
M. P. Lesne	2000
M. A. Paillot	2000
M. Just Aumiot	2000
MM. les Drs Albert Peyron et Gabriel Petit	5000
M. le Dr Th. Nogier	3000
Total	107500

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Guyon, Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, Roux, Laveran, Henneguy, Quénu; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer la somme de 5000^{fr}, mise par Mme Charles Bouchard à la disposition de l'Académie, à M. le Dr **Jean Camus**, professeur agrégé de la Faculté de Médecine de Paris, pour la continuation de ses travaux sur les réactions nerveuses, les régénérations des nerfs et les effets de divers poisons sur les centres nerveux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PROGRAMME DES FONDATIONS (1)

POUR LES ANNÉES 1921, 1922, 1923, 1924,... (2).

NOTA. — *Les parties du texte ci-dessous qui sont imprimées en italiques sont extraites littéralement des actes originaux.*

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET (2000 fr.)

1868 (3).

Prix annuel *destiné à récompenser l'auteur, français ou étranger, du travail le plus utile pour le progrès des mathématiques pures ou appliquées.*

Le lauréat reçoit, en outre du montant du prix, un exemplaire des œuvres complètes du général Poncelet.

L'Académie décerne ce prix alternativement sur le rapport de la commission des prix de mathématiques — il en sera ainsi en 1922 — et sur celui de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921.

---

(1) Pour plus ample informé, consulter : *Les fondations de prix à l'Académie des Sciences* (1714-1880), par ERNEST MAINDRON; Paris, Gauthier-Villars, 1881; et *Les fondations de l'Académie des Sciences* (1881-1915), par PIERRE GAUJA; Paris, Gauthier-Villars, 1917.

(2) Les concours de 1920 étant clos le 31 décembre 1919, la liste des prix proposés pour 1920, publiée dans le précédent programme, n'est pas reproduite.

(3) La date ainsi indiquée pour chaque fondation est celle de l'acte initial : testament, donation, etc.

PRIX FRANCOEUR (1000 fr.)

1882.

Prix annuel de mille francs, qui sera décerné, par l'Académie des sciences, à l'auteur de découvertes ou de travaux utiles au progrès des sciences mathématiques pures ou appliquées.

Le lauréat sera choisi de préférence parmi de jeunes savants dont la situation n'est pas encore assurée, ou parmi des géomètres dont la vie, consacrée à la science, n'aurait pas suffisamment assuré le repos et l'aisance de leur existence.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON (700 fr.)

1819.

Prix annuel *en faveur de celui qui s'en sera rendu le plus digne en inventant ou en perfectionnant des instruments utiles au progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences pratiques et spéculatives.*

PRIX FOURNEYRON (1000 fr.)

1867.

Prix biennal de *mécanique appliquée*, à décerner, s'il y a lieu, en 1922.

PRIX PONCELET (2000 fr.)

1868.

Prix annuel *destiné à récompenser l'auteur, français ou étranger, du travail le plus utile pour le progrès des mathématiques pures ou appliquées.*

Le lauréat reçoit, en outre du montant du prix, un exemplaire des œuvres complètes du général Poncelet.

L'Académie décerne ce prix alternativement sur le rapport de la commission des prix de mathématiques — il en sera ainsi en 1922 — et sur celui de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921.

PRIX BOILEAU (1300 fr.)

1882.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1921, *pour des recherches concernant les mouvements des fluides, recherches n'ayant pas encore été l'objet d'un prix, et qui seront jugées suffisantes pour contribuer au progrès de l'hydraulique; les recherches, si elles sont théoriques, devront avoir été vérifiées par des résultats d'expérience ou d'observation.*

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel alternatif, *destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique.*

Le prix sera attribué, en 1922, à des travaux de mécanique et, en 1921, à des travaux originaux de physique.

PRIX PIERSON-PERRIN (5000 fr.)

1898.

Prix décerné, *chaque deux ans, au Français qui aura fait la plus belle découverte physique, telle par exemple que la direction des ballons.*

Il est attribué alternativement sur la proposition de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur la proposition de la commission des prix de physique — il en sera ainsi en 1923.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE (540 fr.)

1802.

Prix annuel, qui consiste en une médaille d'or ou la valeur de cette médaille, *à donner à la personne qui, en France ou ailleurs (les seuls membres résidents de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante ou le mémoire le plus utile au progrès de l'astronomie.*

Dans le cas où il n'aurait été ni fait aucune observation assez remarquable, ni présenté aucun mémoire assez important pour mériter le prix, celui-ci pourra être donné, comme encouragement, à quelque élève qui aura fait preuve de zèle pour l'astronomie.

PRIX DAMOISEAU (2000 fr.)

1863.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1923, *à l'auteur français ou étranger du mémoire de théorie, suivi d'applications numériques, qui paraîtra le plus utile aux progrès de l'astronomie; il pourra aussi être partagé entre plusieurs savants.*

PRIX BENJAMIN VALZ (460 fr.)

1874.

Prix annuel destiné *à récompenser des travaux sur l'astronomie, conformément au prix Lalande.*

PRIX JANSSEN (Médaille d'or)

1886.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *à la personne qui, en France ou à l'étranger (les membres de l'Institut exceptés), sera l'auteur d'un travail ou d'une découverte faisant faire un progrès direct à l'astronomie physique.*

PRIX PIERRE GUZMAN (100000 fr.)

1889.

Ce prix sera donné, sans exclusion de nationalité, à celui qui trouvera le moyen de communiquer avec un astre, c'est-à-dire faire un signe à un astre et recevoir réponse à ce signe. — J'exclus, a spécifié la fondatrice, *la planète Mars, qui paraît suffisamment connue.*

Tant que la solution demandée ne sera pas obtenue, les intérêts seront cumulés pendant cinq années et formeront un prix décerné à un savant, français ou étranger, qui aura fait faire un progrès réel et sérieux, soit dans la connaissance intime des planètes de notre système solaire, soit dans les relations des planètes de ce système avec la Terre, au moyen d'instruments de physique ou d'optique plus perfectionnés, ou par tout autre mode d'inspection ou d'investigation. — Ce prix quinquennal sera décerné, s'il y a lieu, en 1925.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT (700 fr.)

1901.

Prix biennal destiné *à encourager les recherches de mécanique céleste.* Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1921.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (1000 fr.)

1872.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *au voyageur français ou au savant qui, l'un ou l'autre, aura rendu le plus de services à la France ou à la science.*

PRIX GAY (1500 fr.)

1873.

Prix annuel de géographie physique, décerné *conformément au programme donné par la commission nommée à cet effet.*

Question posée pour 1918 et reportée à 1921 :

Progrès les plus récents introduits dans la géodésie.

A partir de 1922, il ne sera plus posé de question particulière à ce concours.

FONDATION TCHIHATCHEF (3000 fr.)

1895.

Fondation dont les arrérages sont destinés *à offrir annuellement une récompense ou une assistance aux naturalistes de toute nationalité qui se seront le plus distingués dans l'exploration du continent asiatique ou des îles limitrophes, notamment des régions les moins connues, et, en conséquence, à l'exclusion des contrées suivantes : Indes britanniques, Sibérie proprement dite, Asie Mineure et Syrie, régions déjà plus ou moins explorées.*

Les explorations devront avoir pour objet une branche quelconque des sciences naturelles, physiques ou mathématiques; seront exclus les travaux ayant rapport aux autres sciences, telles que : archéologie, histoire, ethnographie, philologie, etc.

Il est bien entendu que les travaux récompensés ou encouragés devront être le fruit d'observations faites sur les lieux mêmes, et non des œuvres de simple érudition.

PRIX BINOUX (2000 fr.)

1889.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, et destiné à récompenser l'auteur de travaux sur la géographie ou la navigation.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS,

DESTINÉ A RÉCOMPENSER TOUT PROGRÈS DE NATURE A ACCROITRE L'EFFICACITÉ DE NOS FORCES NAVALES.

1834.

Prix annuel, décerné par l'Académie et inscrit au budget de la marine.

PRIX PLUMEY (4000 fr.)

1859.

Prix annuel, destiné à récompenser *l'auteur du perfectionnement des machines à vapeur ou de toute autre invention qui aura le plus contribué aux progrès de la navigation à vapeur.*

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *pour le meilleur travail sur la physique. Les étrangers pourront concourir. La somme ne sera pas partageable et sera donnée en totalité à l'auteur qui en aura été jugé digne.*

PRIX KASTNER-BOURSAULT (2000 fr.)

1880.

Chaque année, un prix Kastner-Boursault est décerné par l'une des Académies française, des beaux-arts et des sciences, à tour de rôle.

L'Académie des sciences *décernera le prix*, en 1922, *à l'auteur du meilleur travail sur les applications diverses de l'électricité dans les arts, l'industrie et le commerce;* elle a la liberté *de mettre d'autres sujets au concours pour ce prix,* mais la donatrice a formé *le vœu qu'elle le consacre plus particulièrement à des ouvrages sur l'électricité.*

PRIX GASTON PLANTÉ (3000 fr.)

1889.

Prix décerné tous les deux ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *à l'auteur français d'une découverte, d'une invention ou d'un travail important dans le domaine de l'électricité.*

PRIX HÉBERT (1000 fr.)

1891.

Prix annuel, destiné à récompenser l'auteur du meilleur traité ou de la plus utile découverte pour la vulgarisation et l'emploi pratique de l'électricité.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel alternatif, *destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique.*

Le prix sera attribué, en 1921, à des travaux originaux de physique et, en 1922, à des travaux originaux de mécanique.

PRIX HUGHES (2500 fr.)

1893.

Prix annuel destiné à *récompenser l'auteur d'une découverte originale dans les sciences physiques, spécialement l'électricité et le magnétisme ou leurs applications.*

PRIX PIERSON-PERRIN (5000 fr.)

1898.

Prix décerné, *chaque deux ans, au Français qui aura fait la plus belle découverte physique, telle, par exemple, que la direction des ballons.*

Il est attribué alternativement, sur la proposition de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur la proposition de la commission des prix de physique — il en sera ainsi en 1923.

FONDATION DANTON (1500 fr.)

1903.

Le revenu accumulé de cette fondation est utilisé tous les cinq ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1923 — à encourager les recherches relatives *aux phénomènes radiants.*

FONDATION CLÉMENT FÉLIX (2500 fr.)

1917.

Les arrérages de cette fondation seront donnés, chaque année, par l'Académie, s'il y a lieu, sans pouvoir être partagés, à un savant français s'adonnant à l'étude de l'électricité et ayant déjà fourni des preuves de sa valeur en vue de lui faciliter la continuation de ses recherches concernant principalement les applications de l'électricité.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES

1819.

Un prix de 2500 fr. et une mention de 1500 fr.

Prix annuel à celui qui découvrira les moyens de rendre quelque art mécanique moins malsain.

PRIX JECKER (10000 fr.)

1851.

Prix annuel destiné à *récompenser l'auteur de l'ouvrage le plus utile sur la chimie organique*, ou, à défaut, l'auteur des travaux les plus propres à hâter les progrès de la chimie organique.

PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *pour le meilleur travail sur la chimie. Les étrangers pourront concourir. La somme ne sera pas partageable et sera donnée en totalité à l'auteur qui en aura été jugé digne.*

FONDATION CAHOURS (3000 fr.)

1886.

Le revenu de cette fondation est *distribué, chaque année, à titre d'encouragement, à des jeunes gens qui se sont déjà fait connaître par quelques travaux intéressants et, plus particulièrement, par des recherches de chimie.*

PRIX BERTHELOT (500 fr.)

1906

Prix décerné tous les quatre ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *à des recherches de synthèse chimique.*

PRIX HOUZEAU (700 fr.)

1904.

Prix annuel *institué en faveur d'un jeune chimiste méritant.*

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER (1500 fr.)

1839.

Prix annuel, *accordé à l'ouvrage le plus remarquable en histoire naturelle soit sur le règne animal, soit sur la géologie.*

L'Académie le décerne, deux années consécutives sur le rapport de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1922 et 1923 — et la troisième année sur le rapport de la commission des prix de minéralogie et géologie — il en sera ainsi en 1921.

PRIX DELESSE (1400 fr.)

1883.

Prix à décerner *tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 - *à l'auteur français ou étranger d'un travail concernant les sciences géologiques ou, à défaut, d'un travail concernant les sciences minéralogiques. Il pourra être partagé entre plusieurs savants.*

S'il n'y avait pas lieu de décerner le prix, l'Académie pourrait en employer la valeur en encouragements pour des travaux concernant également les sciences géologiques ou, à défaut, les sciences minéralogiques.

PRIX FONTANNES (2000 fr.)

1883.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1923, *à l'auteur de la meilleure publication paléontologique.*

PRIX VICTOR RAULIN (1500 fr.)

1905.

Ce prix annuel alternatif est *spécialement destiné à des Français et a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs aux sciences naturelles suivantes* : 1° *géologie et paléontologie* (tous les deux ans); 2° *minéralogie et pétrographie* (tous les quatre ans); 3° *météorologie et physique du globe* (tous les quatre ans).

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1924, à des travaux de minéralogie et de pétrographie et, en 1921, à des travaux de géologie et paléontologie.

Il sera attribué au travail, manuscrit ou imprimé depuis l'attribution du prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manuscrit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera, dans son titre, la mention : « Académie des sciences. — Prix Victor Raulin. »

PRIX JOSEPH LABBÉ (1000 fr.)

1908.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1921, fondé conjointement par la Société des aciéries de Longwy et par la Société anonyme métallurgique de Gorcy, et destiné *à récompenser les auteurs de travaux géologiques ou de recherches ayant efficacement contribué à mettre en valeur les richesses minières de la France, de ses colonies et de ses protectorats, ou, à défaut de titulaire pour l'objet indiqué, à récompenser l'auteur de tout travail fait dans l'intérêt général.*

PRIX JAMES HALL (700 fr.)

1911.

Prix quinquennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *destiné à récompenser la meilleure thèse doctorale de géologie passée au cours de cette période de cinq ans.*

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES (1600 fr.)

1855.

Prix annuel *accordé à l'auteur français ou étranger du meilleur ou du plus utile écrit, publié dans l'année précédente, sur tout ou partie de la cryptogamie.*

PRIX MONTAGNE (1500 fr.)

1862.

Un prix de 1500 fr. ou deux prix, l'un de 1000 fr. et l'autre de 500 fr., à décerner, chaque année, s'il y a lieu, *à l'auteur ou aux auteurs de découvertes ou de travaux importants sur les végétaux cellulaires.*

PRIX JEAN THORE (200 fr.)

1863.

Prix *à décerner, chaque année, au nom de Jean Thore, médecin et botaniste, à l'auteur du meilleur mémoire sur les algues fluviatiles ou marines d'Europe, ou sur les mousses, ou sur les lichens, ou sur les champignons d'Europe, ou sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce des insectes d'Europe.*

Il est attribué alternativement sur le rapport de la commission des prix de botanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur celui de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1922.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ (900 fr.)

1864.

Prix à décerner *tous les trois ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1922 — *au meilleur ouvrage de botanique sur le nord de la France, c'est-à-dire sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais, des Ardennes, de la Somme, de l'Oise et de l'Aisne.*

PRIX DE COINCY (900 fr.)

1903.

Prix annuel donné *à l'auteur d'un ouvrage de phanérogamie, écrit en latin ou en français.*

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON (500 fr.)

1912.

Prix *à distribuer tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *et destiné à récompenser des travaux de physiologie végétale.*

Le prix ne pourra être partagé; il devra, autant que possible, être décerné au cours des années impaires et ne pourra être attribué qu'à un Français.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES (2000 fr.)

1834.

Prix décennal à décerner, s'il y a lieu, en 1923, et réservé à l'auteur de l'*ouvrage qui aura fait faire le plus de progrès à l'agriculture en France*.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER (1500 fr.)

1839.

Prix annuel, *accordé à l'ouvrage le plus remarquable en histoire naturelle, soit sur le règne animal, soit sur la géologie*.

L'Académie le décerne, deux années consécutives sur le rapport de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1922 et 1923 — et la troisième année sur le rapport de la commission des prix de géologie — il en sera ainsi en 1921.

PRIX DA GAMA MACHADO (1200 fr.)

1852.

Prix triennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1921, et destiné *à récompenser les meilleurs mémoires écrits sur la coloration des robes des animaux, inclusivement l'homme, et sur la semence dans le règne animal*.

FONDATION SAVIGNY (1500 fr.)

1856.

Le revenu de cette fondation doit *être employé à aider les jeunes zoologistes voyageurs qui ne recevront pas de subventions du gouvernement et qui s'occuperont plus spécialement des animaux sans vertèbres de l'Égypte et de la Syrie, qui voudraient publier leur ouvrage et se trouveraient, en quelque sorte, les continuateurs des recherches faites par M. Jules-César Savigny sur ces contrées.*

PRIX JEAN THORE (200 fr.)

1863.

Prix *à décerner, chaque année, au nom de Jean Thore, médecin et botaniste, à l'auteur du meilleur mémoire sur les algues fluviatiles ou marines d'Europe, ou sur les mousses, ou sur les lichens, ou sur les champignons d'Europe, ou sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce des insectes d'Europe.*

Il est attribué alternativement sur le rapport de la commission des prix de botanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur celui de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1922.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON

1819.

Trois prix de 2500 fr.
Trois mentions honorables de 1500 fr.
Citations.

Prix annuels en faveur de qui aura trouvé dans l'année un moyen de perfectionnement de la science médicale ou de l'art chirurgical.

PRIX BARBIER (2000 fr.)

1832.

Prix annuel *pour celui qui fera une découverte précieuse pour la science chirurgicale, médicale, pharmaceutique et dans la botanique ayant rapport à l'art de guérir.*

PRIX BRÉANT (100 000 fr.)

1849.

Prix de cent mille francs à celui qui aura trouvé le moyen de guérir du choléra asiatique ou qui aura découvert les causes de ce terrible fléau.

Jusqu'à ce que ce prix (100 000 fr.) *soit gagné*, l'intérêt sera donné en prix *à la personne qui aura fait avancer la science sur la question du choléra ou de toute autre maladie épidémique. Ce prix annuel, formé des intérêts du capital, pourra être gagné par celui qui indiquera le moyen de guérir radicalement les dartres ou ce qui les occasionne.*

PRIX GODARD (1000 fr.)

1862.

Prix qui, chaque année, sera donné au meilleur mémoire sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie des organes génito-urinaires.

PRIX CHAUSSIER (10 000 fr.)

1863.

Prix à décerner tous les quatre ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1923 — pour *le meilleur livre ou mémoire qui aura paru pendant ce temps et fait avancer la médecine, soit sur la médecine légale, soit sur la médecine pratique.*

PRIX MÈGE (10 000 fr.)

1869.

Prix unique *à donner à l'auteur qui aura continué et complété l'essai* du docteur Mège *sur les causes qui ont retardé ou favorisé les progrès de la médecine, depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours.*

L'Académie des Sciences pourra disposer en encouragement des intérêts de la somme, jusqu'à ce qu'elle pense devoir décerner le prix.

PRIX DUSGATE (2500 fr.)

1872.

Prix *quinquennal à délivrer*, s'il y a lieu, en 1925, *à l'auteur du meilleur ouvrage sur les signes diagnostiques de la mort, et sur les moyens de prévenir les inhumations précipitées.*

PRIX BELLION (1400 fr.)

1881.

Prix annuels à décerner aux savants qui auront écrit des ouvrages ou fait des découvertes surtout profitables à la santé de l'homme ou à l'amélioration de l'espèce humaine.

PRIX DU BARON LARREY (750 fr.)

1896.

Prix annuel décerné à un médecin ou à un chirurgien des armées de terre ou de mer pour le meilleur ouvrage, présenté à l'Académie au cours de l'année, et traitant un sujet de médecine, de chirurgie ou d'hygiène militaire.

PRIX ARGUT (1200 fr.)

1902.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1921, *au savant qui aura fait une découverte permettant de guérir, par la médecine, une maladie ne pouvant, jusqu'alors, être traitée que par la chirurgie et agrandissant ainsi le domaine de la médecine.*

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON (750 fr.)

1818.

Prix annuel *pour l'ouvrage le plus utile sur la physiologie expérimentale.*

PRIX LALLEMAND (1800 fr.)

1852.

Prix annuel destiné *à récompenser ou encourager des travaux relatifs au système nerveux, dans la plus large acception des mots.*

PRIX L. LA CAZE (10 000 fr.)

1865.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *à l'auteur de l'ouvrage qui aura le plus contribué aux progrès de la physiologie. Les étrangers pourront concourir. Le prix ne sera pas partageable entre plusieurs.*

PRIX POURAT (1000 fr.)

1876.

Prix annuel *sur une question de physiologie à l'ordre du jour, laquelle question sera proposée soit par le président, soit par un membre de la section de physiologie.*

Le prix est retiré des concours jusqu'à ce que le revenu de la fondation permette de porter sa valeur à 2000 fr., conformément au désir exprimé par le fondateur.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE (1400 fr.)

1883.

Prix biennal de physiologie thérapeutique. Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1922.

PRIX PHILIPEAUX (900 fr.)

1888.

Prix annuel de physiologie expérimentale.

PRIX FANNY EMDEN (3000 fr.)

1910.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1921, et destiné, par sa fondatrice, Mlle Juliette de Reinach, à récompenser *le meilleur travail traitant de l'hypnotisme, de la suggestion et en général des actions physiologiques qui pourraient être exercées à distance sur l'organisme animal.*

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON

1817.

Un prix de 1000 fr.
Deux mentions de 500 fr.

Prix annuel *destiné aux recherches statistiques de toute nature.*

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX (2000 fr.)

1889.

Prix annuel destiné à récompenser l'auteur de travaux sur l'histoire et la philosophie des sciences.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE ARAGO

1887.

Cette médaille est décernée par l'Académie chaque fois qu'une découverte, un travail ou un service rendu à la science lui paraît digne de ce témoignage de haute estime.

MÉDAILLE LAVOISIER

1900.

Cette médaille est décernée par l'Académie tout entière, comme cela a lieu pour la médaille Arago, aux époques que son Bureau juge opportunes, aux savants qui ont rendu à la chimie des services éminents, sans distinction de nationalité.

MÉDAILLE BERTHELOT

1902.

Chaque année, sur la proposition de son Bureau, l'Académie décerne un certain nombre de médailles Berthelot aux savants qui ont obtenu, cette année-là, des prix de chimie; à chaque médaille est joint un exemplaire de l'ouvrage intitulé : *La Synthèse chimique*.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT (3000 fr.)

1795.

Prix annuel, institué par la convention nationale (loi du 3 brumaire an IV sur l'organisation de l'instruction publique) et inscrit au budget de l'État.

L'Académie le décerne au concours sur des questions choisies par elle d'après les propositions d'une commission prise alternativement dans la division des sciences mathématiques (le prix porte alors le nom de GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES) et dans la division des sciences physiques (le prix porte alors le nom de GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES).

1° GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Question posée pour 1922 :

La voie classique suivie dans l'étude du problème des géodésiques consiste à partir d'un élément linéaire, la recherche d'une surface correspondante relevant du problème de la déformation.

Quelque avantage que présente cette manière d'opérer, il ne serait pas sans intérêt d'examiner les résultats qu'on pourrait obtenir en dehors d'elle, relativement à la forme des géodésiques dans l'espace. A cette catégorie appartient, pour ne citer que des exemples simples ou même déjà étudiés, la détermination de surfaces ayant une infinité de géodésiques planes ou de géodésiques égales entre elles. L'Académie propose donc :

La détermination de classes étendues de surfaces par des propriétés données de leurs lignes géodésiques considérées dans l'espace ordinaire.

2° GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

Question posée pour 1921 :

Établir une classification méthodique des plantes vasculaires paléozoïques.

PRIX ALHUMBERT (1000 fr.)

1817.

Prix quinquennal, fondé *pour les progrès des sciences et arts*, et décerné alternativement dans le ressort de la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi pour 1927 — et dans celui de la division des sciences physiques — il en sera ainsi pour 1922.

PRIX BORDIN (3000 fr.)

1835.

Prix annuel sur questions posées.

Les sujets mis au concours auront toujours pour but l'intérêt public, le bien de l'humanité, les progrès de la science et l'honneur national. Ils sont choisis par l'Académie sur la proposition de commissions prises alternativement parmi les membres de la division des sciences mathématiques — il en est ainsi pour 1921 — et parmi ceux de la division des sciences physiques — il en est ainsi pour 1922.

Question posée pour 1921 :

*Perfectionner les théories sur l'*analysis situs, *développées par Poincaré dans des mémoires célèbres. On cherchera à rattacher, au moins dans des cas particuliers étendus, les questions de géométrie de situation, concernant une multiplicité donnée, à l'étude d'expressions analytiques convenablement choisies.*

Question posée pour 1922 :

De la tubérisation d'origine cryptogamique.

PRIX SERRES (7500 fr.)

1868.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1923, *sur l'embryologie générale appliquée autant que possible à la physiologie et à la médecine.*

PRIX THEURLOT

1868.

Fondation constituée par un capital de *cinquante mille francs, dont le revenu capitalisé sera attribué, au bout d'une période qui ne pourra jamais être moindre de vingt-cinq ans, à celui des constructeurs d'instruments de précision qui aura rendu à la science et aux savants les plus grands services par l'ingéniosité de ses inventions.*

La première période de vingt-cinq ans se terminera en 1929.

PRIX VAILLANT (4000 fr.)

1872.

Le maréchal Vaillant, au moyen du legs qu'il a fait à l'Académie, a voulu *fonder un prix qui sera accordé par elle, soit annuellement, soit à de plus longs intervalles. Je n'indique*, dit-il, *aucun sujet pour le prix, ayant toujours pensé laisser une grande société comme l'Académie des sciences appréciatrice suprême de ce qu'il y avait de mieux à faire avec les fonds mis à sa disposition. L'Académie des sciences fera donc tel emploi qui lui semblera le plus convenable de la somme que je mets à sa disposition.*

PRIX PETIT D'ORMOY

1875.

Fondation dont les arrérages doivent être employés par l'Académie *en prix et récompenses, suivant les conditions qu'elle jugera convenable d'établir, moitié à des travaux théoriques, moitié à des applications de la science, à la pratique médicale, mécanique ou industrielle.*

L'Académie a décidé qu'il serait décerné tous les deux ans :

1° Un prix de 10000 fr. pour les sciences mathématiques, pures ou appliquées;
2° Un prix de 10000 fr. pour les sciences naturelles.

Les prix Petit d'Ormoy seront décernés, s'il y a lieu, en 1921.

PRIX ESTRADE-DELCROS (8000 fr.)

1876.

Chaque année, l'une des cinq Académies décerne un prix Estrade-Delcros *au concours sur tel sujet qu'elle a jugé devoir choisir*. Ce prix ne peut être fractionné.

L'Académie des sciences l'attribue, tous les cinq ans, alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1923 — et à des travaux ressortissant à la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1928.

PRIX LE CONTE

1876.

Un prix de 50000 fr.; encouragements.

Le produit net du revenu de cette fondation doit être distribué par l'Académie, *de trois ans en trois ans, sans préférence de nationalité.*

Savoir :

Un huitième à titre d'encouragement;

Tout ou partie des sept autres huitièmes en un seul prix :

1° *Aux auteurs de découvertes nouvelles et capitales en mathématiques, physique, chimie, histoire naturelle, sciences médicales;*

2° *Aux auteurs d'applications nouvelles de ces sciences, applications qui devront donner des résultats de beaucoup supérieurs à ceux obtenus jusque-là.*

L'Académie décernera le prix Le Conte, s'il y a lieu, en 1921.

PRIX JEAN REYNAUD (10000 fr.)

1878.

Chaque année, l'une des cinq Académies décerne un prix Jean Reynaud.

L'Académie des sciences le décernera, s'il y a lieu, en 1921.

Ce prix sera accordé au travail le plus méritant, relevant de chaque classe de l'Institut, qui se sera produit pendant une période de cinq ans. — Il ira toujours à une œuvre originale, élevée et ayant un caractère d'invention et de nouveauté. — Les membres de l'Institut ne seront pas écartés du concours. — Le prix sera toujours décerné intégralement; dans le cas où aucun ouvrage ne semblera digne de le mériter entièrement, sa valeur sera délivrée à quelque grande infortune scientifique, littéraire ou artistique.

PRIX DU BARON DE JOEST (2000 fr.)

1880.

Tous les ans, une des cinq Académies décerne un prix du baron de Joest, *à celui qui dans l'année a fait la découverte ou écrit l'ouvrage le plus utile au bien public, avec faculté de ne distribuer ce prix qu'après même deux ans si l'Institut le trouve nécessaire.*

L'Académie des sciences décerne ce prix, tous les cinq ans, alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1926 — et à des travaux ressortissant à la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1921.

PRIX HOULLEVIGUE (5000 fr.)

1880.

Prix *annuel, décerné, à tour de rôle, par l'Académie des sciences et par l'Académie des beaux-arts.*

L'Académie des sciences décerne ce prix, tous les deux ans alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1922 — et à des travaux ressortissant à la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1924.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER (15000 fr.)

1881.

Prix annuel, qui sera successivement décerné par les cinq Académies aux œuvres les plus méritantes concernant la ville de Paris.

Le prix sera toujours décerné intégralement. Cependant, dans le cas où ledit prix ne serait pas décerné, aucune œuvre ne paraissant digne de l'obtenir, tout ou partie de sa valeur pourra être délivrée, à titre d'encouragement, aux œuvres les meilleures quoique non jugées dignes du prix.

Les concurrents devront justifier de leur qualité de Français.

Aucun programme ne sera imposé et ce sera l'œuvre ressortissant à l'Académie décernant le prix, qui sera seule admise au concours.

L'Académie des sciences décernera le prix, s'il y a lieu, en 1924.

PRIX PARKIN (3400 fr.)

1886.

Récompense ou prix attribué, tous les trois ans, au meilleur travail en français, en allemand ou en italien,

Sur les effets curatifs du carbone sous ses diverses formes et plus particulière-

ment sous la forme gazeuse ou gaz acide carbonique, dans le choléra, les différentes formes de fièvre ou autres maladies;

Ou bien,

Sur les effets de l'action volcanique dans la production de maladies épidémiques dans le monde animal et le monde végétal, et dans celle d'ouragans et de perturbations atmosphériques anormales;

Et de telle façon que les récompenses ou prix soient décernés la troisième et la sixième année de chaque période de neuf ans aux travaux sur le premier des sujets mentionnés ci-dessus — il en sera ainsi en 1924 et 1927 — *et la neuvième année au second* — il en sera ainsi en 1921.

Chaque travail sera en outre soumis à la condition que l'auteur le publie à ses frais et en présente un exemplaire à l'Académie dans le délai de trois mois après la proclamation de la récompense ou du prix.

PRIX SAINTOUR (3000 fr.)

1887.

Prix annuel attribué alternativement à des travaux ressortissant à la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1921 — et à celle des sciences physiques — il en sera ainsi en 1922.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel *destiné à récompenser l'ouvrage de science qui en paraîtra le plus digne; livre de science original ou livre de vulgarisation scientifique.*

PRIX LONCHAMPT (4000 fr.)

1896.

Prix donné, chaque année, à l'auteur du meilleur mémoire sur les maladies de l'homme, des animaux et des plantes, au point de vue plus spécial de l'introduction des substances minérales en excès comme cause de ces maladies.

PRIX HENRY WILDE.

1897.

Un prix de 4000 fr. ou deux prix de 2000 fr.

Prix décerné chaque année, sans distinction de nationalité, à la personne dont la découverte ou l'ouvrage sur l'astronomie, la physique, la chimie, la minéralogie, la géologie ou la mécanique expérimentale aura été jugé le plus digne de récompense, soit que cette découverte ou cet ouvrage ait été fait dans l'année même, soit qu'il remontât à une autre année.

PRIX CAMÉRÉ (4000 fr.)

1904.

Prix biennal, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1922, et *qui ne peut être donné qu'à un ingénieur français, qu'il soit ingénieur des mines, des ponts et chaussées ou ingénieur civil, ayant personnellement conçu, étudié et réalisé un travail quelconque dont l'usage aura entraîné un progrès dans l'art de construire.*

PRIX VICTOR RAULIN (1500 fr.)

1905.

Ce prix annuel alternatif est *spécialement destiné à des Français et a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs aux sciences naturelles suivantes :* 1° *géologie et paléontologie* (tous les deux ans); 2° *minéralogie et pétrographie* (tous les quatre ans); 3° *météorologie et physique du globe* (tous les quatre ans).

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1922, à des travaux de météorologie et physique du globe.

Il sera attribué au travail, manuscrit ou imprimé depuis l'attribution du prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manuscrit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera dans son titre la mention : « Académie des sciences. — Prix Victor Raulin. »

PRIX GUSTAVE ROUX (1000 fr.)

1911.

Prix annuel destiné à *récompenser un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie. En aucun cas, le prix ne pourra être divisé.*

PRIX THORLET (1600 fr.)

1912.

Prix de vertu, annuel.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE (2000 fr.)

1903.

Le revenu annuel de cette fondation est donné, au choix de l'Académie et sur la proposition de sa commission administrative, *à une ou deux personnes au plus, dans l'infortune, appartenant elles-mêmes ou par leur mariage, ou par leurs père et mère, au monde scientifique, et de préférence au milieu scientifique médical.*

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE

1836.

Prix consistant en un exemplaire des œuvres de M. de Laplace [*Traité de mécanique céleste* (5 vol.), *Exposition du système du monde* (1 vol.), *Théorie des probabilités* (1 vol.)], et *donné, tous les ans, par les mains du président de l'Académie, au premier élève sortant de l'École polytechnique.*

PRIX L.-E. RIVOT (2500 fr.)

1890.

Le revenu de cette fondation est *partagé entre les quatre élèves sortant chaque année de l'École polytechnique avec les nos 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées.*

Les nos 1 reçoivent 750 fr. *et les nos 2 reçoivent* 500 fr. *qui leur sont remis, au nom de L.-E. Rivot,* en son vivant professeur à l'École nationale supérieure des mines, *pour les aider à acheter des livres de sciences et à faire des voyages d'études.*

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT (1000 fr.)

1847.

Fondation destinée à aider, dans ses travaux, tout savant, ingénieur, artiste ou mécanicien auquel une assistance sera nécessaire pour atteindre un but utile et glorieux pour la France.

Comme de telles découvertes ont lieu rarement, lorsque la rente n'aura pas son emploi, elle sera capitalisée avec le fonds et deviendra ainsi plus digne de son but.

FONDATION GEGNER (4000 fr.)

1868.

Fondation constituée par un *capital d'un revenu de quatre mille francs destiné à soutenir un savant pauvre qui se sera signalé par des travaux sérieux et qui, dès lors, pourra continuer plus fructueusement ses recherches en faveur du progrès des sciences positives.*

FONDATION JÉROME PONTI (3500 fr.)

1879.

Le revenu de cette fondation doit être employé par l'Académie, *selon qu'elle le jugera à propos, pour encourager les sciences et aider à leurs progrès.*

L'Académie attribue, tous les deux ans, une somme de 3500 fr. sur la proposition d'une commission choisie alternativement dans la division des sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1922 — et dans la division des sciences physiques — il en sera ainsi en 1924.

FONDATION HENRI BECQUEREL (3000 fr.)

1905.

Le fondateur, feu Antoine-Henri Becquerel, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, a laissé à celle-ci *le soin de décider le meilleur usage qu'elle pourra faire des arrérages du capital* qu'il lui léguait, *soit pour établir une fondation ou un prix, soit dans la manière dont elle distribuera périodiquement les arrérages dans le but de favoriser le progrès des sciences.*

FONDS BONAPARTE

1908.

Les subventions que l'Académie des sciences peut distribuer, grâce à la généreuse libéralité de l'un de ses membres, le Prince Bonaparte, ont pour but de *provoquer des découvertes en facilitant les recherches des travailleurs ayant déjà fait leurs preuves en des travaux originaux et qui manqueraient de ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations.*

Les subventions peuvent être demandées directement par les candidats ou proposées par un membre de l'Académie. La demande doit contenir un exposé précis des travaux projetés et indiquer la somme jugée nécessaire pour les réaliser. Tout membre de l'Institut qui désire proposer une subvention ou appuyer une demande doit le faire par écrit, et son avis motivé est mentionné dans le rapport général d'attribution.

Toutes les demandes ou propositions doivent parvenir au secrétariat de l'Académie *avant le 1er janvier;* passé cette date, elles sont renvoyées à l'année suivante.

Les subventions sont au minimum de 2000 fr.

Les membres de l'Institut qui auront appuyé une demande devront, dans les deux ans qui suivront l'attribution, remettre une note écrite indiquant l'emploi qui aura été fait des fonds accordés.

Obligations des bénéficiaires. — Toute personne qui aura reçu une subvention sur le fonds Bonaparte devra adresser à l'Académie : 1° au bout de douze mois, un rapport succinct relatif à la manière dont elle aura employé les ressources mises à sa disposition et aux premiers résultats obtenus; 2° dans un délai de deux ans, un résumé des travaux effectués à l'aide de la subvention; ce résumé sera écrit spécialement pour l'Académie et sera accompagné d'une liste bibliographique, s'il y a lieu. Son étendue ne devra pas dépasser deux pages in-4°. L'ensemble des rapports constitue une publication spéciale qui porte le titre de *Recueil du fonds Bonaparte*.

L'Académie se réserve d'insérer dans ses publications ordinaires les travaux d'une plus grande étendue, qui lui paraîtront mériter une mention particulière.

La primeur des découvertes, sous quelque forme que ce soit, sera réservée à l'Académie. La non-observation de cette clause entraînerait pour l'auteur la perte du droit de recevoir de nouvelles subventions.

La même sanction serait appliquée à tout bénéficiaire qui n'aurait pas fourni de rapport dans les délais voulus.

FONDATION LOUTREUIL (125000 fr.)

1910.

Cette fondation a pour but d'encourager, dans les établissements de haute culture scientifique de Paris et de province (autres que les Universités), ainsi que par les savants et chercheurs libres, indépendants de ces établissements : le progrès des sciences de toute nature; la création et le développement de l'outillage des laboratoires; le développement des collections, bibliothèques et publications savantes; les recherches et les voyages scientifiques; la création de cours d'enseignement. Elle permet de donner des allocations pécuniaires à des savants, attachés ou non à ces établissements, et dont les ressources sont souvent inférieures à leur mérite.

Les demandes de subventions doivent être adressées au secrétariat de l'Académie *avant le* 31 *mars*. Elles indiquent le but et l'objet des recherches à entreprendre, leur intérêt scientifique, leur durée probable, les dépenses qu'elles peuvent entraîner. S'il s'agit d'un accroissement de collections, de bibliothèques ou bien de constructions, elles indiquent les lacunes qu'il s'agit de combler, l'utilité des dépenses projetées, etc. Si la demande émane d'un établissement, elle doit être accompagnée, en outre, du procès-verbal de la séance du conseil de cet établissement dans laquelle la demande a été votée.

Aucune demande de subvention permanente n'est acceptée.

Dans le cas où tel établissement de haute culture scientifique jugerait immédiatement utile la construction de bâtiments destinés à abriter soit une collection, soit l'outillage d'un laboratoire de travaux ou de recherches scientifiques, et dans le cas où cette construction ne pourrait être assurée assez rapidement par l'état ou la ville intéressée, le revenu de la fondation pourra, si le conseil de la fondation l'autorise, être affecté, jusqu'à concurrence de un cinquième, à gager un ou plusieurs emprunts contractés par l'établissement, à l'effet d'assurer cette construction.

Les demandes de subventions sont examinées par un comité consultatif, composé d'un représentant, élu pour trois ans, du Muséum d'histoire naturelle, désigné par ses professeurs; du Collège de France, désigné par ses professeurs des sciences; du Conseil central des observatoires; du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique; de chacune des Ecoles vétérinaires d'Alfort, Lyon et Toulouse, choisi par les professeurs de ces écoles; de l'Institut national agronomique, désigné par ses professeurs. Le président de l'Académie des sciences pourra ajouter à cette liste des inventeurs ou savants notoires n'appartenant à aucun établissement, et des représentants d'établissements scientifiques non dénommés ci-dessus.

L'attribution définitive des subventions est faite par un conseil de six membres pris dans l'Académie, suivant les conditions fixées par le testament.

Obligations des bénéficiaires. — Toute personne ou tout établissement qui a reçu une subvention sur la fondation Loutreuil est tenue d'envoyer, au bout d'un an s'il s'agit de recherches scientifiques, et de six mois s'il s'agit d'accroissement de matériel ou de constructions, un rapport sur l'emploi qu'il en a fait. S'il s'agit d'une subvention destinée à des recherches, les résultats

de celles-ci doivent être indiqués. Quand l'emploi des fonds exige plus d'une année, il y a lieu de faire un rapport annuel; la non-exécution de cette clause entraînera la suppression de toute subvention ultérieure.

Le rapport général du conseil et les rapports annuels des savants ou établissements subventionnés feront l'objet d'une publication spéciale qui portera le titre de *Recueil de la fondation Loutreuil.*

L'Académie se réserve d'insérer, dans ses publications ordinaires, les travaux d'une grande étendue qui lui paraîtront mériter une mention spéciale.

La publication de tous travaux subventionnés par la fondation Loutreuil devra porter mention, après le titre, qu'ils ont été entrepris avec l'aide de cette fondation.

FONDS CHARLES BOUCHARD (5000 fr.)

1917.

Madame Charles Bouchard, en souvenir de son mari, ancien président de l'Académie des sciences, met à la disposition de celle-ci une somme de cinq mille francs, destinée à subventionner des recherches de médecine ou de physiologie.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées, destinées aux divers concours de l'Académie des sciences, doivent être directement adressées par les auteurs au secrétariat de l'ACADÉMIE DES SCIENCES, avec une lettre adressée à MM. les Secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de *trois exemplaires.*

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages ou mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au secrétariat.

Le même ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux académies de l'Institut de France.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter des prix.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication, subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, des *mentions* ou des *subventions* n'ont pas droit à ce titre.

Nota. — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

LECTURES.

M. **Émile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur Lord *Kelvin*.

A. Lx et E. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1919.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

NAVIGATION.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

TABLEAU DES FONDATIONS

pour les années 1921, 1922, 1923, 1924, ...

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

NAVIGATION.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ÉCONOMIE RURALE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

TABLEAU PAR ANNÉE

DES PRIX POUR 1921, 1922, 1923, 1924,.....

1921.

MATHÉMATIQUES.

Prix Francœur.

MÉCANIQUE.

Prix Montyon.
Prix Poncelet.
Prix Boileau.
Prix Pierson-Perrin.

ASTRONOMIE.

Prix Lalande.
Prix Benjamin Valz.
Prix G. de Pontécoulant.

GÉOGRAPHIE.

Prix Gay.
Fondation Tchihatchef.

NAVIGATION.

Prix de six mille francs, destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales.
Prix Plumey.

PHYSIQUE.

Prix Gaston Planté.
Prix Hébert.
Prix Henri de Parville.
Prix Hughes.
Prix Pierson-Perrin.
Fondation Clément Félix.

CHIMIE.

Prix Montyon. — Arts insalubres.
Prix Jecker.
Fondation Cahours.
Prix Berthelot.
Prix Houzeau.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Prix Cuvier.
Prix Delesse.
Prix Victor Raulin.
Prix Joseph Labbé.

BOTANIQUE.

Prix Desmazières.
Prix Montagne.
Prix Jean Thore.
Prix de Coincy.
Prix Jean de Rufz de Lavison.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Prix da Gama Machado.
Fondation Savigny.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Prix Montyon.
Prix Barbier.
Prix Bréant.
Prix Godard.
Prix Mège.
Prix Bellion.
Prix du baron Larrey.
Prix Argut.

PHYSIOLOGIE.

Prix Montyon.
Prix Lallemand.
Prix Philipeaux.
Prix Fanny Emden.

STATISTIQUE.

Prix Montyon.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Prix Binoux.

MÉDAILLES.

Médaille Arago.
Médaille Lavoisier.
Médaille Berthelot.

PRIX GÉNÉRAUX.

Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences physiques.
Prix Bordin (Sciences mathématiques).
Prix Le Conte.
Prix Jean Reynaud.
Prix du baron de Joest (Sciences physiques).
Prix Parkin.
Prix Saintour (Sciences mathématiques).
Prix Henri de Parville.
Prix Lonchampt.
Prix Henry Wilde.
Prix Gustave Roux.
Prix Thorlet.

FONDATIONS SPÉCIALES.

Fondation Lannelongue.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

Prix Laplace.
Prix L.-E. Rivot.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

Fondation Trémont.
Fondation Gegner.
Fondation Henri Becquerel.
Fonds Bonaparte.
Fondation Loutreuil.
Fonds Charles Bouchard.

1922.

Prix Poncelet (Mécanique).
Prix Fourneyron.
Prix Janssen.
Prix Delalande-Guérineau.
Prix Binoux.
Prix L. La Caze.
Prix Kastner-Boursault.
Prix L. La Caze.
Prix James Hall.
Prix de La Fons Mélicocq.
Prix Cuvier.
Prix Jean Thore.
Prix L. La Caze.
Prix Martin-Damourette.
Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences mathématiques.
Prix Alhumbert (Sciences physiques).
Prix Bordin (Sciences physiques).
Prix Petit d'Ormoy.
Prix Houllevigue (Sciences mathématiques).
Prix Caméré.
Prix Victor Raulin.
Fondation Jérôme Ponti.

1923.

Prix Damoiseau.
Fondation Danton.
Prix Fontannes.
Prix Bigot de Morogues.
Prix Cuvier.
Prix Chaussier.
Prix Serres.
Prix Estrade-Delcros (Sciences mathématiques).

1924.

Prix Houllevigue (Sciences physiques).
Prix Jean-Jacques Berger.
Prix Parkin.
Fondation Jérôme Ponti.

1925.

Prix Guzman. | Prix Dusgate.

1926.

Prix du baron de Joest (Sciences mathématiques).

1927.

Prix Alhumbert (Sciences mathématiques). | Prix Parkin.

1928.

Prix Estrade-Delcros (Sciences physiques).

1929.

Prix Theurlot.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Louis Lumière** pour occuper une des places de la Division des Applications de la Science à l'Industrie.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Louis Lumière** prend place parmi ses Confrères.

ASTRONOMIE. — *Les travaux de Lalande et de ses élèves au Collége Mazarin.* Note (1) de M. **G. Bigourdan.**

Les élèves que Lalande fit observer au Collége Mazarin furent Tabary (2) et surtout Dagelet (3).

(1) Séance du 7 juillet 1919.

(2) Jacques-Michel Tabary, dit Mersais (Paris, 1751 — † parages de Madagascar, 1774 mars 31) travailla quelque temps (1767 mars 26-mai 25) à l'Observatoire du Collége Mazarin, puis à celui de la Marine pour remplacer un instant Messier. Il abandonna bientôt l'Astronomie pour la Chirurgie, puis revint à la première et calcula chez Darquier à Toulouse, chez Vandermonde à Paris. En 1768, il reparaît quelquefois à l'Observatoire du Collége Mazarin, puis prend part au voyage de la *Flore* pour l'essai des montres marines (1771-1772); enfin, en même temps que Dagelet, il s'embarque avec Kerguélen pour un voyage aux terres australes, en mars 1773; c'est alors qu'il prend le nom de Mersais. Dans un accès de fièvre chaude, il se jette à la mer le 16 février 1774, alors qu'on se trouvait dans les parages de Madagascar. Voir son *Éloge* par un anonyme (Dagelet) dans J_3 Bernoulli, *N. litt.*, I, p. 35-40).

(3) Joseph Lepaute Dagelet (Thonne-la-Long, près de Montmédy, 1751 no-

Les observations de Tabary se trouvent, en original à ce qu'il semble, dans un petit registre C.5, 2, dont voici le titre : *Journal d'observations astronomiques, faites au Collége Mazarin à Paris dans l'Observatoire de M. Mary et avec les instrumens de M. De la Lande, chez qui je demeure depuis près d'un an. — Commencé le* 26 *mars* 1767.

Un peu plus loin (p. 3), il donne quelques déviations de la lunette méridienne, déterminées par Lalande entre 1766 mars 18 et 1767 mars 11; mais nous n'avons pas le registre des observations qui ont permis de déterminer cette déviation : il devait précéder immédiatement le registre C. 5, 3, ci-après.

Ensuite viennent (p. 9-30) les observations faites par Tabary (1767 mars 26 — juin 5) qui sont des hauteurs et des passages méridiens de ☉, ☾, pl., belles ⋆, des hauteurs correspondantes, enfin quelques observations de belles taches solaires : le tout paraît inédit, et d'ailleurs peu important.

Tabary fit ensuite à l'Observatoire de Cluny, pendant une absence de Messier (1767), quelques observations que nous n'avons pas; puis il fut remplacé par Dagelet au Collége Mazarin, où il reparaît cependant jusqu'au 11 juillet 1768.

Pour la période 1768 avril 1 — 1770 juin 22, nous avons, dans le registre C.5, 3, le journal *original* et *commun* où chacun paraît avoir écrit à mesure ses observations; et quoique celles-ci ne soient pas signées, par les changements d'écriture ([1]) il nous permet de pénétrer un peu la vie intime de l'observatoire dans cette période : il était fréquenté surtout par Marie et par Dagelet qui s'adonnaient au même genre d'observations que Tabary; toutefois Marie faisait plus d'observations physiques (aurores boréales, halos, etc.) pour lesquelles il paraît avoir eu un goût prononcé. Quant à Lalande, ses observations sont très rares, mais il a souvent ajouté des remarques com-

vembre 25 — † vers Vanikoro, 1787), neveu des célèbres horlogers Lepaute. Lalande, lié avec ses oncles, l'appela auprès de lui à Paris où il arriva le 25 février 1768. Il fut immédiatement initié aux observations par Tabary, au Collége Mazarin, et d'après Lalande, il pouvait déjà observer utilement 4 mois après; mais lui-même fait remonter au 6 mars 1768 le commencement de ses bonnes observations; toutefois il n'a commencé, dit-il, (C.5, 3, p. 353) d'observer, assez régulièrement que le 11 juillet 1768. Il travailla aussi dans les observatoires de la place du Palais-Royal et du Collége Royal, — accompagna Kerguélen (1773-1774) dans l'intervalle, — devint professeur à l'École militaire (1777) où il disposa de l'Observatoire, — fut élu à l'Académie des Sciences (1785 janvier 15), — s'embarqua avec La Pérouse (1785 juin 23) et sans doute mourut avec lui (1787).

([1]) Une Note signée de Dagelet avertit que parfois ses observations ont été écrites par l'abbé Marie.

plémentaires, indiquant un contrôle actif. Enfin on rencontre quelques observateurs accidentels, comme Wallot (1768 avril 2), Romme (1768 mai 11), Fany ? (1770 mars 6).

Une note terminale prouve que l'on continua de tenir ce journal commun, mais nous ne possédons pas les registres suivants. Ce qui nous reste se borne à des *copies* des observations faites par Dagelet (registres C.5, 4 et C.5, 20) et où l'on ajoute incidemment un résumé de ce qui a été fait par les autres observateurs.

Le registre C.5, 20, renferme uniquement des observations faites au Collége Mazarin (1775 février 14 — 1778 mai 3); mais C.5, 4, renferme des observations faites dans trois Observatoires différents, dépendant tous de Lalande. Comme nous aurons à mentionner souvent ce registre qui, d'ailleurs, présente des répétitions et des interversions, nous en donnons le contenu avec quelque détail dans le Tableau ci-après.

Pour le Collége Mazarin, ce registre-copie C. 5, 4, a une partie commune avec le registre original C.5, 3; de leur comparaison, il résulte que dans cette copie Dagelet a laissé de côté, même pour ses propres observations, non seulement les hauteurs correspondantes, mais bien des remarques permettant d'apprécier la valeur des observations; parfois, dans les passages, il n'a relevé qu'un fil sur deux ou trois; même il a négligé entièrement des étoiles; par contre, il ajoute des remarques complémentaires.

Registre C.5, 4. — Observations de Dagelet [Copie[1]] (1768 mai 16-1777 mars 26).

Observatoire du *Collége Mazarin.*	Pages	Observatoire de la place du *Palais Royal.*	Pages	Observatoire du *Collége Royal.*	Pages
68 mai 6-70 juin 22.	62-134*				
70 juin 23-71 oct. 25.	135-146				
		71 avril 10-72 juin 5.	186-199		
72 juin 10-72 août 31.	147-153	72 juin 10-72 août 31.	200-213		
		72 sept. 4-73 fév. 16.	213-226[2]		
		74 déc. 13-75 mai 7.	229-250		
75 fév. 14-75 août 23.	158-164				
				75 oct. 19-75 déc. 20.	252-261
75 déc. 16-76 avril 7.	164-169			76 janv. 19-76 avril 6.	22- 33*
				76 avril 14-77 mars 26.	33- 49*

(1) Les astérisques marquent les parties de ce registre-copie dont nous avons ailleur, l'original.

Pour diminuer le Tableau en largeur on a supprimé les deux premiers chiffres des années; ainsi 68 *mai* est pour 1768 *mai*.

(2) 1773 mars 25 à 1774 septembre 7 : Voyages des Terres australes avec Kerguélen.

L'abbé Marie travaillait encore dans cet Observatoire en 1774; mais le conserva-t-il quand il devint précepteur, en 1782? Nous avons mentionné de lui une observation (pass. ☿) de cette année; mais Lalande, qui l'a citée, n'indique point où elle a été faite. Du moins Marie n'en disposait plus en 1789, car Lalande (*Bibliogr.*, p. 685) écrit à cette date que Bruget, grand-maître du collége, et Chauvet, professeur de mathématiques, ont bien voulu le lui conserver.

Legendre ([1]) et Prévost ([2]) observèrent aussi au Collége Mazarin, mais nous ne connaissons leurs observations que par la copie C. 5,4, qui indique leur présence en 1772-1774, ne donnant que « *celles qui peuvent être de quelque utilité* » ; et, sans distinguer, on dit que la plupart sont de l'abbé Marie.

Après les observations de Dagelet, déjà mentionnées, de C.2,20 (1775 février 14 — 1778 mars 3) nous n'en trouvons plus qui aient été faites au Collége Mazarin, sauf celles indiquées par Lalande comme obtenues en 1790 pour déterminer l'obliquité de l'écliptique.

Cependant l'observatoire continua d'exister encore; même il fut un de ceux dont la conservation fut décidée lors de la fondation du Bureau des Longitudes; et un décret du 17 germinal an IV (1796 avril 6) décide qu'on y fera le cours d'astronomie que doit professer un des membres de ce Bureau; mais Delambre nous dit qu'en 1806 cet observatoire fut détruit, sans prévenir les astronomes intéressés, par l'architecte chargé d'aménager le Collége pour recevoir l'Institut : il avait duré un plus de 60 ans, mais sa vie active ne fut guère que de 20 années, celles pendant lesquelles il fut occupé par La Caille.

Bâtiments. — On ne mentionne pas de changement fait à l'observatoire

---

([1]) *Adrien-Marie* LEGENDRE (Toulouse, 1752 — † Paris, 1833 janvier 10) termina ses études au Collége Mazarin. Distingué par l'abbé Marie, son professeur, celui-ci l'encouragea et inséra dans son *Traité de Mécanique* (1774) des fragments remarquables, premières productions de Legendre, qui d'ailleurs ne voulut pas être nommé; mais le maître fit connaître de vive voix la coopération. Peu après, il devint professeur de Mathématiques à l'École militaire, — remporta en 1782 un prix de l'Académie de Berlin sur un problème balistique, devint membre de l'Académie des Sciences en 1783, — prit part à la jonction des Observatoires de Paris et de Greenwich en 1787, — fut nommé membre du Bureau des Longitudes, — publia en 1794 la première édition de ses *Eléments de Géométrie*, etc. Dans la suite, par ses travaux sur les fonctions elliptiques, sur la théorie des nombres, etc., il fut, à côté de Laplace et de Lagrange, un des plus grands mathématiciens de l'Europe.

([2]) Nous ne trouvons aucun renseignement biographique sur ce *Prévost*.

même; cependant on distingue le « petit observatoire » et « l'observatoire du bas »

Instruments. — On paraît y avoir laissé les principaux de ceux qui s'y trouvaient à la mort de La Caille; on trouve mentionnés notamment le sextant (9) et la lunette méridienne (12); il y avait deux quarts de cercle, car parfois on signale des hauteurs correspondantes prises par deux observateurs séparément (1769 avril 25). L'un était celui qui venait de Bouguer (2). Comme on a vu, J_3 Bernouilli en 1769 y signale deux pendules de Lepaute; et les registres parlent d'une autre de Boucher que l'on établit parfois « sur les plombs », sur la terrasse. On emploie une lunette de Proa construite par Dollond et une lunette parallactique.

Observations. — Ce qui reste principalement des observations faites après La Caille, ce sont celles de planètes de Dagelet, et dont certaines sont déterminées par les hauteurs correspondantes. Les seules publiées paraissent être celles de Vénus que Lalande a données dans le Tome IV de son *Astronomie*, p. 626-628; elles vont de 1775 avril 26 à 1777 novembre 28.

Élèves. — A ceux que nous avons cités il faut ajouter *Nicolic* et *Bailly* qui fréquentaient l'observatoire du temps de La Caille. Le 19 janvier 1776, l'abbé *Briquet* observa au Collége Mazarin, « à la lunette parallactique » l'émersion du deuxième satellite de Jupiter.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* Note de M. **H. Deslandres.**

La Note actuelle complète une Note précédente du 3 novembre dernier et aussi trois Notes antérieures des 5 mai, 26 juin et 6 octobre 1919. Toutes sont publiées sous le même titre.

I. Les vibrations simples ou raies, très nombreuses, d'un même spectre de bandes, ont été rattachées à trois progressions arithmétiques distinctes et donc à trois séries indépendantes de nombres entiers successifs m, n et p. Le spectre entier a pu être ainsi représenté en fréquences ν par la formule générale suivante :

$$(6)\quad \nu = [F(np)\times m^2 + f_1(np)\times m] + \left[\frac{B}{2}\times n^2 + b_1 n\right] - \left[\frac{C}{2}\times p^2 + c_1 p\right] + K,$$

dont les coefficients numériques ont été calculés et publiés pour plusieurs spectres connus.

Parmi les coefficients de la formule, les uns, qui sont les coefficients $F(np)$, B et C des termes du deuxième degré, sont les raisons des trois progressions et sont immuables; ils sont les mêmes avec toutes les formules numériques du spectre. Les autres, $f_1(np)$, b_1, c_1 et la constante K varient avec le choix de la raie o ou raie origine des nombres d'ordre positifs et négatifs dans les trois progressions m, n et p; et cette raie origine, dont la fréquence est justement le nombre K, peut être une raie quelconque du spectre ou même une raie fictive obtenue en prolongeant les trois progressions dans les deux sens. Les valeurs possibles de K_1, $f_1(np)$, b_1 et c_1 sont ainsi en nombre infini, et, au point de vue purement numérique, elles sont équivalentes; mais, pour celui qui veut interpréter le phénomène et étudier l'atome, un seul groupe de ces valeurs et une seule valeur de K sont à retenir; il convient de les rechercher.

Le coefficient B du terme en n^2, comme je l'ai annoncé en mai dernier, est toujours positif, et le coefficient C du terme est p^2 toujours négatif. Les termes correspondants en n^2 et p^2 ont donc toujours le même signe. Or cette propriété se retrouve dans les spectres de lignes et dans les formules de Balmer, et elle a conduit à une explication des séries de Balmer par la théorie des quanta; elle pourrait expliquer de même, au moins en partie, les séries des spectres de bandes. Mais les spectres de lignes et de bandes sont très différents, et, *a priori*, il ne semble pas naturel de leur attribuer la même origine.

J'ai assimilé le spectre de bandes au mouvement vibratoire le plus général d'un corps solide; et cette explication, qui est simple, est restée jusqu'à présent acceptable; elle peut être maintenue au moins provisoirement.

Dans cet ordre d'idées, le spectre est la somme algébrique de vibrations qui sont réunies comme les composantes d'un son résultant [1] et sont représentées par les différents termes de la formule (6). Une seule valeur de la fréquence K apparaît ainsi comme possible.

II. J'ai fait plusieurs recherches pour reconnaître la meilleure valeur de K, et, finalement, j'ai placé la raie origine des numéros d'ordre, dont la fréquence est égale à K, dans la bande la plus intense du spectre, et,

---

(1) Il faudra expliquer pourquoi certains termes de la formule (6) sont toujours positifs ou toujours négatifs.

pour commencer, à l'arête même de cette bande. On peut ainsi comparer immédiatement le spectre de bandes lumineux ou ultraviolet aux bandes infra-rouges, beaucoup plus concentrées et non résolues, qui sont représentées par la fréquence de leur partie la plus intense.

Les nombres K des divers spectres de l'azote, ainsi rapprochés, ont montré la propriété suivante, annoncée dans la Note du 6 novembre : Les fréquences des bandes maxima sont à peu près les multiples d'une même fréquence infra-rouge; $K = d_1 q$, q étant un nombre entier et d_1 une constante égale à 1062,5. Les spectres du carbone et de l'oxygène offrent la même loi, et la fréquence élémentaire d_1 est la même pour les trois corps simples. Ce résultat, fort intéressant, doit être vérifié et étendu de toutes les manières.

Or, depuis la dernière Note de novembre, j'ai eu connaissance de deux Mémoires publiés par la *Physical Review*, qui se rapportent aux spectres précédents, et qui m'avaient échappé.

Le premier Mémoire (vol. 22, 1906, p. 1), dû à Coblentz, donne le spectre d'émission de l'azote dans l'infra-rouge, ou plus exactement le prolongement infra-rouge du premier groupe de bandes de l'azote. Le second Mémoire (vol. 45, 1910, p. 315), dû à T. Lyman, annonce un prolongement notable du quatrième groupe de bandes du carbone dans l'ultraviolet extrême, dit ultraviolet Shuman, et présente les mesures des bandes principales. Ces données nouvelles me conduisent à compléter ou rectifier les tableaux de l'azote et du carbone précédemment publiés, et, finalement, la loi posée est vérifiée avec une netteté plus grande.

De nombreux auteurs, comme on sait, ont comparé déjà les spectres de bandes et recherché des relations entre leur maxima d'absorption ou d'émission, d'absorption principalement. Mais l'étude a porté, en général, sur les composés organiques, le plus souvent très complexes, et l'interprétation des résultats est difficile. De mon côté, j'ai rapproché les beaux spectres d'émission des gaz communs, qui ont été jusqu'ici négligés à ce point de vue et sont pourtant indiqués pour cette étude ; car ils sont rapportés la plupart à des corps simples; de plus, ils sont mesurés avec une grande précision et, de tous les spectres de bandes, ils sont assurément les mieux connus.

Avec l'azote, étudié tout d'abord, j'ai admis pour la comparaison seulement les spectres d'émission, de phosphorescence et d'absorption dus au gaz pur et à ses composés les plus simples, le gaz ammoniac et le cyanogène. L'addition des atomes d'hydrogène dans le gaz ammoniac change à

peine le poids atomique; et, *a priori*, il est probable que l'atome d'azote y conserve la prépondérance. De plus, les spectres d'absorption ont été examinés les premiers; car ils sont obtenus avec la contrainte minima imposée à l'atome et à la molécule, et ils représentent leurs vibrations les plus faciles. L'azote pur ne donne pas de spectre d'absorption, au moins sous la faible épaisseur de 6^{cm} (à la pression atmosphérique) des essais de Coblentz; mais, dans les mêmes conditions, le gaz ammoniac offre un beau spectre de bandes infra-rouge; et, dans ce spectre, j'ai retenu la large bande d'absorption $\lambda\ 9^{\mu},3\ \nu\ 1075$, qui a été comparée aux bandes maxima des autres spectres de l'azote. La fréquence de cette bande est très voisine de la fréquence $d_1 = 1062,5$, adoptée provisoirement comme fréquence élémentaire.

La recherche de la bande maxima pour un spectre donné est parfois malaisée : les auteurs donnent les fortes bandes et non la bande la plus forte, et il y a doute lorsque l'œil ou la plaque photographique n'ont pas la même sensibilité pour toutes les parties du spectre. Cette difficulté apparaît clairement avec le premier groupe de l'azote, qui a un prolongement infra-rouge. Estimant d'abord que ce prolongement était relativement faible, j'ai placé la bande maxima dans le rouge à $\nu\ 17224$, d'après le beau Mémoire de Birge sur la partie lumineuse du spectre publié en 1913. Mais les mesures antérieures de Coblentz, faites sur le spectre entier avec le même radiomètre, placent avec certitude la bande maxima dans l'infra-rouge à la fréquence $\nu\ 9430$, presque égale à 9 fois la fréquence élémentaire d_1. On distingue aussi plusieurs maxima secondaires; le plus notable a une fréquence voisine de $14 d_1$, et l'un d'eux coïncide avec le maximum admis précédemment.

Les fréquences des bandes maxima ont été un peu augmentées avec les deuxième et troisième groupes de l'azote; les bandes ont plusieurs séries arithmétiques et plusieurs arêtes, et l'on a adopté non l'arête extérieure, mais l'arête la plus intense. De plus, on a ajouté le spectre d'émission de l'ammoniaque, dont la bande maxima (à $\nu = 28\ d_1$), est très voisine de celle du deuxième groupe de l'azote. Ces deux spectres, à beaucoup d'égards très différents, ont au moins ce point commun. Tous ces faits sont résumés dans le Tableau ci-dessous.

A la suite on a placé la liste du carbone formée par les spectres du gaz méthane CH^4, de l'acétylène C^2H^2 et de l'oxyde de carbone CO. Le quatrième groupe du carbone, comme on l'a annoncé plus haut, est plus étendu qu'on ne l'avait supposé d'abord; il offre dans l'ultraviolet ordinaire

42 bandes et Lyman en a ajouté 100 autres, situées dans l'ultraviolet Shuman. Les intensités croissantes sont exprimées par les nombres de 1 à 10; l'auteur n'indique pas la bande qui, de toutes, est la plus forte, mais il note cinq bandes avec l'intensité 10. Or les fréquences de ces bandes sont très voisines de multiples de d_1 ou $\frac{d_1}{2}$; et la même relation se retrouve avec la bande unique d'intensité 9, avec six des huit bandes d'intensité 8 et quatre des cinq bandes d'intensité 7. La loi s'applique non à une seule bande du spectre, mais à presque toutes les bandes intenses. Le même fait s'était déjà manifesté avec le premier groupe de l'azote. Dans le Tableau, on a retenu seulement les bandes d'intensité 10, qui correspondent à 50 et 52 d_1.

FRÉQUENCES DES BANDES D'INTENSITÉ MAXIMA, COMPARÉES AUX MULTIPLES DE LA FRÉQUENCE ÉLÉMENTAIRE $d_1 = 1062,5$.

Azote.

Bande infra-rouge.......	$1075 = d_1 + 12,5$	Abs. — AzH^3
1er groupe positif.......	$9430 = 9d_1 - 132,5$	Ém. — Az
Id.	$14990 = 14d_1 + 115$	Id.
2e groupe positif.........	$29666 = 28d_1 - 86$	Id.
3e groupe positif....... ..	$42320 = 40d_1 - 180$	Id.
Groupe négatif..........	$25546 = 24d_1 + 46$	Id.
1er groupe dit « de CAz ».	$17025 = 16d_1 + 25$	Ém. — CAz ou Az
2e groupe dit « de CAz ».	$25743 = 24d_1 + 243$	Ém. — Az
1er groupe phosphorescent	$32940 = 31d_1 - 2,5$	Id.
2e groupe phosphorescent.	$39192 = 37d_1 - 120,5$	Id.
Ammoniaque...........	$29755 = 28d_1 + 5$	Ém. — AzH^3
Moyenne des écarts en valeur absolue :	89	

Carbone.

Bande infra-rouge.......	$2105 = 2d_1 - 20$	Ém. — CO
Id.	$3021 = 3d_1 - 166,5$	Abs. — CH^4
Id.	$3247 = 3d_1 + 59,5$	Abs. — C^2H^2
Id.	$4250 = 4d_1 + 0$	Abs. — CH^4
1er groupe positif........	$19355 = 18d_1 + 230$	Ém. — CH^4 et CO
2e groupe positif........	$19275 = 18d_1 + 150$	Id.
3e groupe positif........	$31905 = 30d_1 + 30$	Id.
4e groupe positif........	$53234 = 50d_1 + 109$	Id.
Id.	$55218 = 52d_1 - 32$	Id.
Groupe négatif..........	$41380 = 39d_1 - 57$	Id.
Moyenne des écarts en valeur absolue :	80	

Oxygène.

Bande infra-rouge.......	$2125 = 2d_1 + 0$	Abs. — O
Id.	$2125 = 2d_1 + 0$	Abs. — H^2O
Id.	$3268 = 3d_1 + 80,5$	Abs. — O
Id.	$5260 = 5d_1 - 52,5$	Abs. — H^2O
Id.	$8570 = 8d_1 + 70$	Id.
Id.	$10600 = 10d_1 - 25$	Id.
Bande lumineuse........	$15924 = 15d_1 - 13$	Abs. — O^6
Bande de pluie..........	$16890 = 16d_1 - 110$	Abs. — H^2O
Bande lumineuse...... ..	$17286 = 16d_1 + 286$	Abs. — O liquide
Ozone....................	$16878 = 16d_1 - 122$	Abs. — O^3
Groupe négatif..........	$19029 = 18d_1 - 96$	Ém. — O
Ozone....................	$30893 = 29d_1 - 83$	Abs. — O^3
Id.	$31875 = 30d_1 + 0$	Id.
Moyenne des écarts en valeur absolue :	70	

Bandes infra-rouges.

Bande infra-rouge.......	$1640 = \frac{3}{2}d_1 - 47,5$	Abs. — H^2O
Id.	$1590 = \frac{3}{2}d_1 - 3,5$	Abs. — AzH^3
Id.	$698 = \frac{2}{3}d_1 - 10$	Abs. — H^2O
Id.	$723 = \frac{2}{3}d_1 + 15$	Abs. — C^2H^2
Id.	$1298 = \frac{5}{4}d_1 - 30$	Abs. — CH^4
Id.	$1322 = \frac{5}{4}d_1 - 6$	Abs. — C^2H^2
Id.	$781 = \frac{3}{4}d_1 - 16$	Abs. — AzH^3
Id.	$854 = \frac{4}{5}d_1 + 4$	Abs. — AzH^3
Id.	$861 = \frac{4}{5}d_1 + 11$	Abs. — H^2O

L'abréviation Abs. veut dire absorption, et l'abréviation Ém., émission.

La troisième partie du Tableau est consacrée à l'oxygène, à l'ozone O^3 au polymère O^6 et à l'eau H^2O; elle comprend 14 maxima distincts.

Enfin, dans une quatrième partie, on a réuni neuf bandes fortes infra-rouges (¹) qui sont non des multiples de d_1, mais des multiples de $\frac{d_1}{r}$, r étant un nombre entier petit, au plus égal à 5.

Tous les spectres de bandes connus des corps simples et composés énumérés ci-dessus, à part trois exceptions (²), sont compris dans le grand Tableau; et, comme on a marqué à côté de la fréquence de la bande maxima l'écart avec le multiple correspondant de d_1 ou $\frac{d_1}{r}$, on voit à première vue comment la loi est vérifiée. La moyenne des écarts pris en valeur absolue est bien inférieure à la moyenne que l'on aurait si les bandes étaient distribuées au hasard; il faut admettre un lien réel de ces spectres avec une fréquence élémentaire, et le lien est surtout frappant dans la région des petites fréquences. En outre, pour chacun des trois corps simples, les multiples du nombre atomique (6, 7 et 8) se retrouvent comme multiples de d_1 et même sont répétés plusieurs fois (³).

Ces spectres exprimés en fréquences se suivent comme les nombres entiers successifs, et ils ont été rapprochés dès le début des harmoniques d'une verge sonore qui vibre dans le sens longitudinal; même, dans la dernière Note, on a admis que l'atome offrait de semblables vibrations dans le sens de son axe. On comprend alors aisément les petits écarts des fré-

(¹) Parmi ces bandes, il faut signaler les bandes ν1322 de C^2H^2 et ν1590 de AzH^3, qui sont différentes des autres. Au lieu d'avoir un seul maximum, elles offrent deux maxima rapprochés, séparés par une légère dépression; elles sont du type étudié par Eva von Bahr (*Philosophical Magazine*, vol. 28, 1914, p. 71) qui, adoptant les idées de Bjerrum, attribue les deux maxima à la rotation des molécules. J'estime que ces bandes doubles sont simplement des bandes renversées, identiques par l'origine aux raies renversées (doubles ou triples) des spectres de lignes. La fréquence indiquée est celle de la dépression.

(²) On a écarté le groupe Lyman de l'azote, qui est faible, mal connu, et qui paraît dépendre de $\frac{d_1}{2}$. On a écarté aussi les bandes ABα de l'oxygène et le spectre d'émission ultraviolet de la vapeur d'eau, dont les bandes maxima paraissent reliées à un multiple de $\frac{d_1}{3}$.

(³) Le nombre 1062.5, adopté pour la fréquence élémentaire, et le tableau précédent avec ses divisions ne sont pas définitifs. D'autres arrangements semblent possibles, et il faut attendre que la même étude ait été faite sur d'autres corps simples.

quences par rapport aux multiples exacts du son fondamental; ces écarts sont dus à des causes secondaires qui interviennent toujours plus ou moins avec tous les corps sonores. Ainsi Rayleigh a étudié en détails l'influence d'un petit poids ajouté à la verge, influence qui est maxima à un ventre et nulle à un nœud. Les anneaux d'électrons attachés au noyau doivent jouer un rôle analogue, et expliquer, au moins en partie, les perturbations par rapport à la loi arithmétique. D'autres causes déjà étudiées avec les corps ordinaires, sont aussi à invoquer, et la question est arrivée à un point où le concours de la mécanique rationnelle peut être fort utile.

III. D'ailleurs, la formule générale (6) est seulement une première approximation. En la présentant en 1887, j'ai ajouté qu'elle était provisoire, et que la fonction $F(np)$, en particulier, était la dérivée par rapport à m^2 pour $m = o$, d'une fonction de m, n, p, plus générale. Si donc, pour les progressions m ou n ou p, les différences secondes cessent d'être constantes, il faut ajouter des termes de degré supérieur à deux, et autant qu'il est nécessaire. Les écarts de la progression m ont été étudiés récemment par Birge, qui a eu le grand mérite de les rattacher à une loi simple, ce qui est important pour la reconnaissance de l'atome. Les progressions n et p ont un nombre moindre de termes, et j'ai constaté que les écarts par rapport à la progression exacte sont en général faibles; mais parfois ils sont notables surtout avec la progression p, ainsi que dans le deuxième groupe de l'azote. En général, les différences premières croissent un peu moins que dans la progression exacte; autrement dit, les différences secondes sont très légèrement décroissantes, et dans le même sens qu'avec la progression m. Ces perturbations, de même que les précédentes, peuvent être attribuées à des causes secondaires, qui seront étudiées dans une Note ultérieure.

GÉOLOGIE. — *Que les plissements et les charriages qui ont accidenté le bassin houiller du Gard sont, très probablement, des mouvements alpins, d'âge miocène.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Georges Friedel.**

Nous avons, dans une Note récente [1], exposé les premiers résultats, considérés par nous comme vraiment acquis, de l'étude que nous poursui-

[1] Pierre Termier et Georges Friedel, *Sur la structure du bassin houiller du Gard* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 752).

vons sur le bassin houiller du Gard. La partie de ce bassin qui est au nord du parallèle de Laval et qui comprend la région Grand'Combe, à l'ouest du promontoire de micaschistes du Rouvergue, et la région Cèze-Auzonnet, à l'est, présente des traces et des témoins d'importants charriages. Exacte dans son ensemble, la conception de Marcel Bertrand à cet égard avait seulement besoin d'être précisée et quelque peu rectifiée. Dans la partie septentrionale en question, il n'y a d'autochtone que l'étage ou faisceau dit de la Grand'Combe (couches Champclauson ou Salce tout en haut; Grand'Baume au milieu; Ricard, Pradel, Feljas, Arcas, Gagnières *maigres*, tout en bas et près des micaschistes); et ce faisceau autochtone est ce qu'il y a de plus jeune dans tout le bassin; sa flore est celle de Saint-Étienne. Sur cet autochtone vient, par charriage, près de la Grand'Combe, le paquet Sainte-Barbe, charrié du Sud-Est et dont la flore est celle de Rive-de-Gier. Dans la région Cèze-Auzonnet, sur le même autochtone, viennent, également du Sud-Est, deux paquets charriés, séparés l'un de l'autre par une surface de charriage : le paquet inférieur est l'écaille de Bessèges; le paquet supérieur, beaucoup plus gros, comprend le stérile de Gagnières et, au-dessus, les faisceaux Gagnières *gras*, Molières et Saint-Jean-de-Valériscle; les deux paquets ont la flore de Rive-de-Gier. La région Laval-Mas-Dieu, très compliquée dans le détail, permet de voir que Sainte-Barbe est le prolongement de la grosse écaille supérieure; et que Bessèges, écaille inférieure, est représentée, au puits du Mas-Dieu, par le faisceau des couches Sans-Nom-de-Laval, Mas-Dieu, etc. Marcel Bertrand avait très bien vu que Sainte-Barbe est charriée et que l'écaille Sainte-Barbe doit comprendre Molières et Saint-Jean; mais il croyait à l'immobilité de Bessèges. Marsaut, qui ne croyait guère aux charriages, nous a fourni, en faveur du double charriage de Bessèges et de Molières, les plus forts arguments. Ajoutons que, si la vérité a tardé à se faire jour, cela tient en grande partie à ce que l'on a donné autrefois le même nom, *Sans-Nom*, tout autour du Rouvergue, à des couches en réalité fort différentes : la liaison de l'une à l'autre, d'abord hypothétique, a passé peu à peu pour certaine, alors qu'elle n'existe pas.

Les écailles houillères, au sud du parallèle de Laval, se cachent sous les morts-terrains. Le Houiller reparaît, plus au Sud, aux environs d'Alais (mines de Rochebelle et du Nord-d'Alais). C'est du Houiller d'âge Rive-de-Gier ou Sainte-Barbe, que l'on n'a, jusqu'ici, aucune raison de considérer comme charrié. Entre lui et les micaschistes, le système à flore de Saint-Étienne, le système Grand'Combe paraît, jusqu'ici, manquer.

D'autre part, nous avons établi ([1]), avec l'aide très efficace de M. Paul Thiéry, que les terrains secondaires et tertiaires sous lesquels le bassin houiller s'enfonce présentent, eux aussi, une structure en écailles superposées. Sur l'Oligocène de la plaine d'Alais reposent des lambeaux de recouvrement formés de Crétacé inférieur mylonitique. Sous le même Oligocène, la série des terrains du Crétacé inférieur, du Jurassique supérieur et du Jurassique moyen, a une allure lenticulaire; et les calcaires urgoniens y sont, le plus souvent, à l'état de mylonites (Saint-Ambroix) : toute cette série laminée a pour base la surface de charriage, plongeant au Sud-Est d'une trentaine de degrés, que l'on a appelée faille des Cévennes; et elle repose, par cette surface, soit directement sur le Houiller (Rochebelle, Nord-d'Alais), soit sur des terrains secondaires, Lias et Trias, eux-mêmes réduits par le laminage, et découpés en écailles par des failles plates qui sont encore des surfaces de charriage. Nul doute que ces écailles ou nappes superposées ne soient venues de l'Est, ou du Sud-Est, en glissant les unes sur les autres; nul doute que ce phénomène de charriage ou de traînage ne soit la manifestation, jusqu'au bord du Massif Central, de la poussée alpine. Les phénomènes constatés par nous près d'Aramon et d'Avignon, dans la vallée du Rhône, établissent la liaison entre les charriages alpins et ceux d'Alais, permettent d'évaluer à une cinquantaine de kilomètres l'amplitude minima de ceux-ci, et renseignent enfin sur leur âge qui est du Miocène inférieur.

Il y a donc, dans la région d'Alais, posés l'un sur l'autre, *deux pays de même style tectonique :* le pays houiller; le pays formé de Secondaire et de Tertiaire. Ici comme là, des failles plates, d'allure onduleuse, plongeant à l'Est ou au Sud-Est quand elles plongent, et séparant des paquets de terrains, disposés en lentilles et visiblement traînés, de façon inégale, de l'Est à l'Ouest ou du Sud-Est au Nord-Ouest. La seule différence structu-

---

([1]) Pierre Termier et Georges Friedel, *Les débris de nappe, ou klippes, de la plaine d'Alais; lambeaux de calcaire urgonien mylonitique, posés sur l'Oligocène* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1034).

Pierre Termier, *Phénomènes de charriage, d'âge alpin, dans la vallée du Rhône, près d'Avignon* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1290).

Paul Thiéry, *Nouvelles observations sur le système d'accidents géologiques appelé faille des Cévennes* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 902); *Sur les écailles ou nappes de charriage de la région d'Alais* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 143); *Quelques observations nouvelles sur les débris de nappe (klippes) de la plaine d'Alais* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 583).

rale est que, dans le Houiller, il y a fréquemment des plis couchés, tandis que de tels plis semblent rares dans le Secondaire; mais cette différence

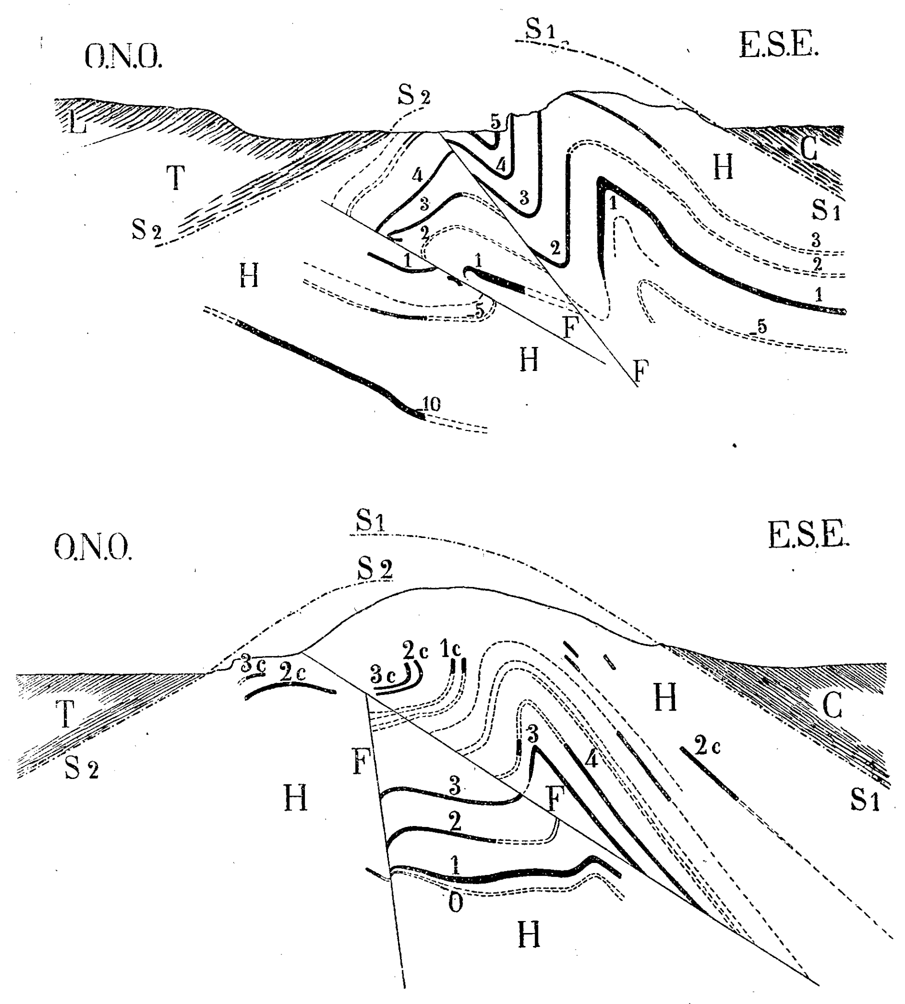


Fig. 1. — Deux coupes à travers le Houiller de Rochebelle, la première (en haut) passant un peu au nord de Tamaris, la deuxième par le puits Vassal. — S_1, S_2, surfaces de charriage ou de traînage; H, Houiller; 0, 1, 2, ... couches du faisceau de Fontanes (-5, couche dite du 246; -10, couche dite de 10^m); 1 *c*, 2 *c*, ..., couches du faisceau de Cendras; F, failles inverses; T, Trias; L, Lias; C, Jurassique supérieur et Crétacé inférieur. — Échelle : $\frac{1}{10\,000}$.

n'a rien d'essentiel et ne détruit pas l'identité de style; elle s'explique par l'inégalité dans la plasticité. Ajoutons que le contact des deux *pays* n'est pas un contact normal; la surface de base du Secondaire, la surface qui le sépare du Houiller, n'est pas, comme on l'a cru jusqu'à nous et comme il

était tout naturel de le croire, une surface de sédimentation; c'est une surface de charriage ou de traînage, au long de laquelle le Trias perd, le

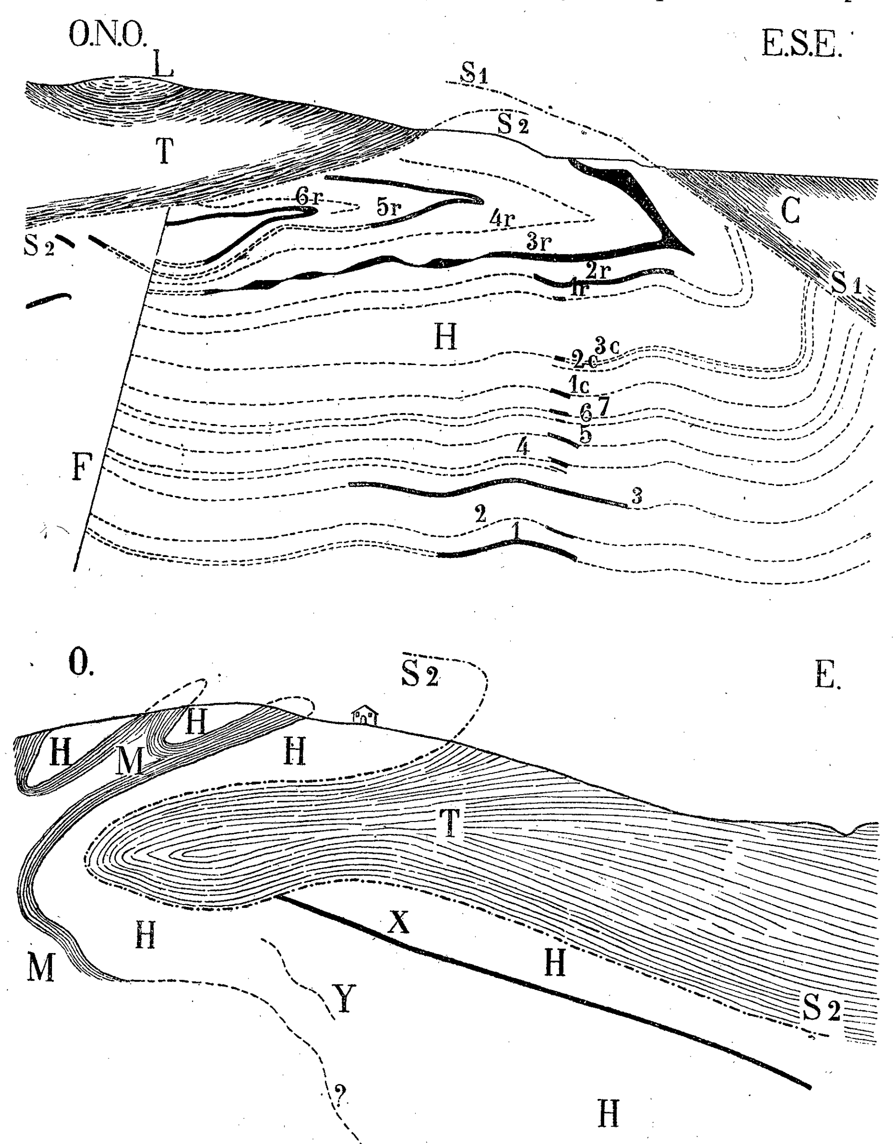


Fig. 2. — Coupe ONO-ESE par le puits Sainte-Marie de Rochebelle (échelle de $\frac{1}{10000}$) et coupe O-E par le château de Traquette (échelle de $\frac{1}{4000}$). — Même légende que pour la figure 1, et, en plus : 1*r*, 2*r*, ... X, Y, couches des deux faisceaux dits de Rochebelle; M, micaschistes.

plus souvent, ses assises inférieures, montre, çà et là, une mylonitisation intense, et peut même se réduire, comme au village du Mas-Dieu, à quelques mètres d'épaisseur.

Cela étant, faut-il admettre que, dans les deux pays en question, plissements et charriages soient d'âges différents : d'âge *hercynien* pour le pays houiller, d'âge *alpin* pour le pays secondaire et tertiaire? Ou bien, comme le suggère l'identité des styles tectoniques, tout cela est-il du même âge, d'âge alpin; les charriages et les plis du Houiller ayant été déterminés par l'avancée, au-dessus de ce Houiller, des écailles secondaires et tertiaires? Ce problème ne semble pas s'être posé dans l'esprit de Marcel Bertrand, qui a cru certainement à l'âge hercynien des charriages houillers. La solution se trouve dans la région de Rochebelle. Voici quatre coupes de cette région, d'après les travaux de mines et nos propres observations (*fig.* 1 et 2).

La surface S^1 n'est autre chose que la faille dite des Cévennes. S^2, surface de base du Trias, n'est qu'un dédoublement de S^1, avec laquelle elle semble confondue à l'est de Rochebelle. Les coupes montrent, jusqu'à l'évidence, *l'harmonie des mouvements du Houiller et du Secondaire*, l'entraînement des plis du Houiller par le déplacement, au-dessus de S^2, du Sud-Est au Nord-Ouest, du paquet formé de Lias et de Trias, déplacement provoqué lui-même par l'avancée de l'énorme écaille de Jurassique et de Crétacé. Mais le fait capital est la pénétration du Trias sous le Houiller et sous les micaschistes, au bord ouest du bassin houiller, près de Traquette. Cette pénétration se voit, à la surface, sur plus de 1^{km} de longueur, dans le vallon de Sauvages; elle se manifeste, au fond du ravin de Vent-Malette, *par l'apparition du Trias en fenêtre dans une déchirure de Houiller*; enfin, elle est démontrée par les travaux de mines, qui se sont avancés bien au delà de l'aplomb de Traquette : on ne sait pas encore jusqu'où elle se prolongera. Le Trias du vallon de Sauvages est, en somme, un synclinal, couché jusqu'à l'horizontale, recouvert par un anticlinal complexe où il y a des plis multiples de Cristallin et de Houiller.

Il est donc, sinon tout à fait certain, du moins extrêmement probable que c'est le déplacement, ou le traînage, de l'ensemble des terrains secondaires et oligocènes sur le Houiller, qui a déterminé les plissements de ce Houiller, les failles inverses qui l'accidentent et les charriages qui l'ont découpé en écailles. Le traînage en question s'est fait du Sud-Est au Nord-Ouest; c'est un mouvement d'âge miocène inférieur, contre-coup des derniers mouvements des Alpes. Il s'est heurté à la résistance du grand massif cristallin; et cette résistance a été cause de l'ascension de toutes les écailles du Sud-Est au Nord-Ouest, du redressement des assises secondaires et du Houiller sous-jacent le long du bord du bassin, enfin du refoulement local (région de Traquette) du massif cristallin et du Houiller sur l'une des écailles charriées.

Çà et là, dans le Houiller, on voit des traces d'une tectonique ancienne, d'âge hercynien, en complète disharmonie avec la tectonique alpine dont nous venons de parler : telle est, probablement, la faille inverse, de direction Nord-Sud, qui sépare les deux faisceaux dits de Rochebelle. Mais cette tectonique ancienne paraît avoir été très simple. A ne considérer que les accidents les plus violents de sa structure, le bassin houiller du Gard nous semble vraiment appartenir à la chaîne des Alpes.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude graphique du fonctionnement des audions à circuit résonant comme récepteurs sensibilisés ou comme désamortisseurs.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Dans une précédente Communication [2], j'ai montré comment on peut, avec un certain degré d'approximation, représenter les oscillations libres entretenues par amplificateurs, en fonction des variables u (partie variable de la différence de potentiel aux bornes) et i (partie variable du courant dans la lampe) par des courbes déduites par une anamorphose géométrique en fonction de u de la courbe de U et I déterminée dans le régime statique. Suivant l'inclinaison de la tangente de cette caractéristique anamorphose au point moyen P, il y a amorçage ou stabilité.

L'anamorphose par rapport à i (au lieu de u) permet d'étudier, d'autre part, les propriétés amplificatrices de l'appareil lorsque le coefficient de couplage est réglé au-dessous de la valeur qui provoque l'amorçage et qu'on provoque dans l'appareil des oscillations forcées par une force électromotrice alternative de même fréquence que celle qui correspond à la résonance de l'appareil.

Deux cas sont à considérer, suivant que l'on fait agir cette force électromotrice dans le circuit de plaque ou dans le circuit de grille.

1. *Cas d'une source de force électromotrice alternative e intercalée dans le circuit de plaque.* — Considérons donc un circuit oscillant composé de deux branches montées en dérivation aux bornes AB; l'une comprend une self-induction L de résistance r_1, l'autre une capacité C en série avec une résistance r_2. L et C sont réglés à la résonance pour la vitesse de pulsation ω ($\omega^2 CL = 1$) de la force électromotrice $e = \varepsilon \sin \omega t$ imposée; l'ensemble L

(1) Séance du 8 décembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 943; on conserve les mêmes notations ici.

et C présente donc, pour le réglage oscillatoire forcé, une résistance non inductive R_0. Les bornes AB sont reliées à un circuit comprenant en série la force électromotrice e, une résistance éventuelle R, et le circuit filament-plaque d'une lampe à trois électrodes, alimentée par une force électromotrice E, et dont la grille est excitée par un enroulement accouplé à la self-induction L. Soit M le coefficient d'induction mutuelle (positif) [1] correspondant; la grille est ainsi soumise à la force électromotrice alternative $\frac{M}{L}R_0 i$, proportionnelle à i. Le fonctionnement de cet ensemble (circuit oscillant et lampe) est donc identique à celui des audions à rhéostat décrit sous II dans une Note du 20 octobre [2], en convenant simplement de remplacer u par e, et v par $\frac{M}{L}R_0 i$. Cette excitation de grille équivaut, dans les parties rectilignes des caractéristiques, à une force électromotrice $\frac{kM}{L}R_0 i$ dans le circuit de plaque. La résistance apparente en série dans le circuit filament-plaque devient $R'' = R + R_0$.

La caractéristique anamorphosée Γ (*fig.* 2) passant par le point central de régime P suffit à déterminer l'effet de cette force électromotrice; si le couplage est très fort, il y a amorçage et oscillations entretenues; si le couplage est plus faible, l'auto-excitation de la grille produit un effet désamortissant. En effet, le coefficient d'amortissement est proportionnel à la

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 943. *Erratum* à cette Note : A la page 943, deuxième ligne à partir du bas, et à la page 944, première ligne, *au lieu de* $\frac{kM-L}{L}$, *lire* $\frac{L}{kM-L}$.

On peut compléter cette Note en remarquant que si, dans le développement de i, [équation (8 *bis*)], le coefficient b_5 est très grand devant le coefficient b_3, l'amplitude A_1 de l'harmonique fondamental de u a pour expression (en faisant $b_3 = 0$)

$$A_1 = \frac{2}{h}\sqrt{\frac{1-\frac{h_0}{h}}{10\,b_5}},$$

h et h_0 ont même signification que dans la Note précitée. Pour $b_3 \neq 0$, on trouverait

$$A_1 = \frac{1}{h}\sqrt{\frac{-3\,b_3 + \sqrt{(3\,b_3)^2 + \frac{40\,b_5}{\rho}\left(1-\frac{h_0}{h}\right)}}{5\,b_5}}.$$

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 676 et 820. La figure 1 reproduit une famille de courbes anamorphosées correspondant à ce type.

résistance apparente, et celle-ci a ici pour valeur $R' = \tang\gamma$, en appelant γ le coefficient angulaire au point P de la courbe anamorphosée par rapport à l'horizontale; on a $R' = \rho + k\frac{M}{L}R_0$. En augmentant le couplage de

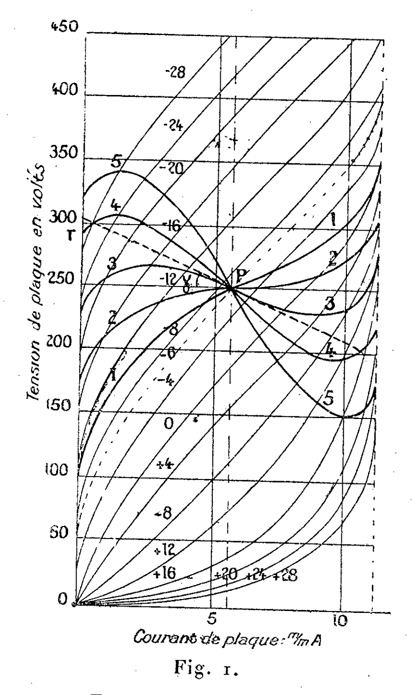


Fig. 1.

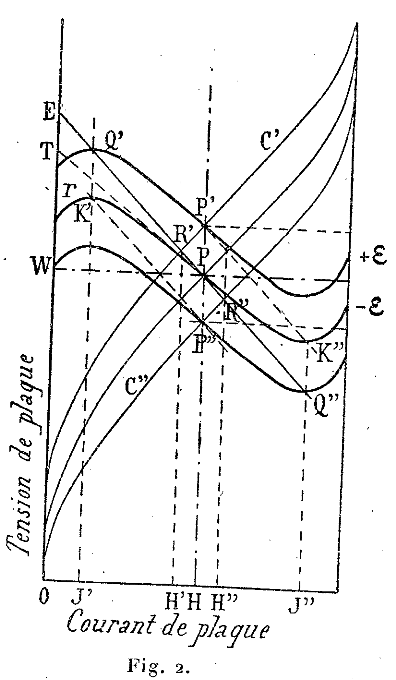


Fig. 2.

Fig. 1. — Exemple de caractéristiques dynamiques de l'audion générateur déduites par anamorphose de la caractéristique statique passant par le point de régime moyen P rapportées au courant moyen de plaque I (en abscisses) et à la différence de potentiel U entre la plaque et le filament (en ordonnées). Les courbes en traits fins représentent les caractéristiques statiques d'un audion dans l'hypothèse simplificatrice de l'invariabilité du courant de saturation. Les courbes 1 à 5, en traits forts, indiquent les caractéristiques dynamiques correspondant à des degrés croissants de couplage par rhéostat de la grille dans un audion jumelé. La droite PT représente une droite d'amorçage au-dessous de laquelle doit passer la caractéristique pour que l'oscillation soit possible.

Fig. 2. — Représentation graphique du fonctionnement d'un audion agissant comme désamortisseur d'un circuit oscillant (au lieu de *r*, lire Γ).

manière que le point T de la tangente se rapproche du point E caractérisant la résistance $R'' = R_0 + R$, on peut réduire indéfiniment la résistance apparente, et par conséquent l'amortissement; on est limité seulement par la crainte de l'auto-amorçage, qui se produit dès que $R' \geqq R''$.

Supposons que la force électromotrice *e* oscille suivant une loi harmonique simple de pulsation ω entre les valeurs extrêmes $+\varepsilon$ et $-\varepsilon$ au-dessus et au-dessous de l'horizontale passant par le régime moyen P, elle produit

le même effet que si l'on faisait varier u entre $+\varepsilon$ et $-\varepsilon$; les valeurs correspondantes $+i$ et $-i$ de l'amplitude du courant s'obtiennent en prenant des intersections des deux horizontales $\pm\varepsilon$ avec la caractéristique anamorphosée dont on aura retranché les ordonnées de la droite TP; il revient au même de tracer par les points P′P″ deux droites parallèles à EP dont les points de rencontre K″ et K′ avec la caractéristique déterminent l'amplitude totale de l'oscillation.

L'amplitude totale des oscillations du courant serait H′H″ en l'absence de tout couplage de la grille avec le circuit oscillant (H′H″ sont les projections des points R′R″ sur l'axe horizontal), et devient JJ′ par l'effet de l'anamorphose de la caractéristique. Le rapport $\frac{JJ'}{HH'}$ mesure l'amplification produite par le couplage M.

Cas limite. — La construction qui précède donne, quand on fait $\varepsilon = 0$, le cas limite de l'audion générateur, s'amorçant si le coefficient angulaire de la tangente à la courbe en P est supérieur à $R_0 + R$; on trouve ainsi une nouvelle façon de faire par anamorphose la représentation des conditions d'entretien, et la détermination de l'amplitude par l'intersection de la droite OE avec la courbe anamorphosée. La même épure permet de se rendre compte du rôle que joue l'effet « bouchon » du circuit oscillant; en effet, la résistance R_0, qui est beaucoup plus grande que la résistance ohmique de la self-induction quand elle est traversée par le courant à l'état statique, représente principalement la résistance plus grande produite par le courant oscillant; quand la résistance de ce circuit tend vers zéro, l'effet bouchon tend vers l'infini; la droite EP tend à devenir verticale, et l'on voit alors que, quelle que soit la force électromotrice imposée ε, l'amplitude de l'oscillation tend vers zéro par suite de la forme de la branche inférieure de la caractéristique d'oscillation, même quand celle-ci est parallèle à EP en P.

On remarquera que dans les courbes anamorphosées en fonction de u, le coefficient angulaire de la courbe de la caractéristique d'oscillation devait être inférieur à une valeur limite R_0 pour qu'il y eût amorçage; tandis qu'ici le coefficient angulaire doit être, au contraire, supérieur à la droite limite pour produire l'amorçage.

La différence entre ces deux résultats provient de ce que dans le premier cas on avait à comparer la puissance $\frac{u^2}{R_0}$ empruntée à la lampe pour alimenter le circuit oscillant ayant à ses bornes la tension u, et l'équation de condition $\frac{u^2}{R_0} < ui$ revenait donc à dire que l'on devait avoir une admittance $\frac{i}{u}$ supé-

rieure à l'admittance disponible $\frac{1}{R_0}$ du circuit oscillant. Ici, au contraire, nous considérerons l'énergie dépensée dans le circuit oscillant sous la forme $R_0 i^2$, et l'équation de condition rapportée aux énergies devient alors $Ri^2 < ui$ ou $\frac{u}{i} > R$. Mais tant que les oscillations sont d'amplitude infinitésimale, la condition d'amorçage est la même.

2. *Cas d'une force électromotrice e oscillatoire agissant sur la grille.* — Prenons même montage de la lampe et du circuit oscillant, mais appliquons la force électromotrice extérieure e en série dans le circuit filament-grille. On supposera que la grille est assez négative pour que le régime moyen P se trouve dans une région de l'épure où les caractéristiques statiques sont parallèles (*fig.* 1); on sait en effet que, quand le potentiel de grille devient franchement inférieur à zéro, tout abaissement de la valeur constante de ce potentiel déplace simplement la caractéristique parallèlement à elle-même suivant l'axe des U sans changer sensiblement sa forme; c'est-à-dire que l'on a, en appelant U le potentiel de plaque et V le potentiel de grille : $I = F(U + kV)$. Supposons toujours que la lampe est alimentée par une force électromotrice E à travers une résistance R, et que la variation de la différence de potentiel variable u est mesurée aux bornes de la lampe. L'introduction de la force électromotrice alternative oscillante e dans la grille déplace le point régime autour du point P sur la droite EP, et l'amplitude de l'oscillation est déterminée par l'intervalle entre les deux courbes parallèles à la caractéristique statique, et qui correspondent respectivement à des potentiels de grille égaux à $V + e$ et $V - e$; par exemple, l'oscillation de courant H′H″ correspond à une oscillation de potentiel de grille entre les courbes statiques C′ et C″, correspondant respectivement à $V + \varepsilon$ constant et à $V - \varepsilon$ constant sur la grille.

Pour passer aux caractéristiques d'oscillation, nous avons ici à anamorphoser non plus seulement la caractéristique qui passe par le point P, mais *tout le réseau* des caractéristiques correspondant à des potentiels de grille différents.

Cette anamorphose du réseau complet (au moins de la région voisine de P) est très facile dans le cas considéré ici, où l'excitation en retour donne lieu à une variation de la tension de grille de la forme $v = bi$. En effet, la fonction

$$I = F(U, V + e + bi) \equiv F(U, V + bi + e),$$

et par conséquent toute courbe statique telle que C′ se transforme par

anamorphose en une courbe identique à la courbe anamorphosée Γ passant par P et qui est simplement déplacée verticalement parallèlement à elle-même de manière à passer par le point P′, où C′ coupe la verticale HP. Toutes les courbes du réseau sont donc remplacées par d'autres qui restent semblables et parallèles entre elles.

La ligne EP coupe ces courbes sous une inclinaison plus faible que les courbes du réseau statique (d'autant plus faible qu'on se rapproche plus de l'amorçage); pour une même variation $\pm e$, l'amplitude d'oscillation du courant HH′ mesurée entre les points d'intersection sera donc augmentée. Elle pourrait devenir infinie si les courbes statiques étaient des droites parallèles entre elles donnant lieu à des courbes anamorphosées parallèles à TP; mais la courbure de ces courbes limite l'amplitude, si l'on n'atteint pas la condition d'amorçage. Au delà de cette dernière, il y aurait instabilité, c'est-à-dire que le courant, au lieu d'osciller harmoniquement, passerait brusquement d'une valeur voisine du courant de saturation à une valeur voisine de zéro.

Tant que l'excitation de grille est en phase avec le courant, l'emploi des caractéristiques d'oscillation ne fait pas intervenir comme variable le temps; les harmoniques supérieurs n'apparaissent pas sur le diagramme.

En deuxième approximation, dans le cas où la force électromotrice d'excitation en retour sur la grille présente un certain décalage par rapport à u, le terme en $\frac{du}{dt}$ se traduit par une force électromotrice de correction égale à $\frac{r_1}{\omega L} u$ sensiblement, en supposant que la fraction soit petite, et qui est décalée de $\frac{\pi}{2}$ en arrière de la tension u; on déterminerait de même sur la caractéristique anamorphosée l'amplitude correspondant à ce terme correctif; et l'oscillation rapportée au temps serait la combinaison des deux composantes ainsi obtenues, entre lesquelles existe un décalage de phase d'un quart de période.

Cette solution ne se prête pas aussi bien au calcul des harmoniques supérieurs que celle de ma Note précédente, parce que, en dehors de la fréquence fondamentale, le circuit oscillant présente une résistance *complexe* et variable.

BOTANIQUE. — *Sur le parasitisme d'une Algue rouge* (Polysiphonia fastigiata *Grev.*). Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

Certaines Algues marines abritent une flore variée et abondante, tandis que d'autres sont indemnes ou donnent asile à un petit nombre d'espèces. Les anciens auteurs appelaient uniformément parasites les Algues qui croissent sur d'autres Algues. Actuellement, on distingue les épiphytes, qui s'y appuient simplement, comme sur un support inerte, et les vrais parasites, ou endophytes, qui y pénètrent plus ou moins profondément. Le parasitisme présente divers degrés, il est intercellulaire ou intracellulaire; le parasite peut aussi pénétrer dans le support pour s'y nourrir, ou seulement pour s'y protéger, ou pour l'une et l'autre raison. La plupart des Algues endophytes sont adaptées à une seule espèce ou à un très petit nombre d'espèces hospitalières.

Si certaines espèces épiphytes, indifférentes au choix de leur support, croissent aussi bien sur les rochers que sur des Algues, d'autres ont exclusivement ce dernier caractère, parce que le support (fronde spongieuse des *Codium*, surface veloutée des *Chorda* et *Cladostephus*, cryptes des Fucacées, stipe rugueux du *Laminaria Cloustonii*, etc.) leur fournit un abri particulièrement efficace. D'autres se posent exclusivement, ou de préférence, sur telle ou telle Algue compacte et lisse sans que l'on en saisisse la raison; c'est le cas du *Polysiphonia fastigiata*, Floridée haute de quelques centimètres, qui croît en touffes denses sur l'*Ascophyllum nodosum*, l'une des Fucacées les plus répandues sur les côtes atlantiques abritées d'Europe et d'Amérique, couvrant même parfois de grandes étendues. Or, presque partout où vit l'*Ascophyllum*, on trouve aussi le *P. fastigiata*, et généralement en abondance, aussi a-t-il été souvent étudié; on le cite pour le nombre inusité de ses cellules péricentrales, pour la netteté de ses communications protoplasmiques, pour son curieux parasite, le *Choreocolax Polysiphoniæ*. Son épiphytisme spécifique est classique; cependant cette notion repose sur une erreur.

En 1901, toutefois, Gibson [2] signalait incidemment que les rhizoïdes du *P. fastigiata* pénètrent profondément dans le thalle de l'*Ascophyllum;*

---

(1) Séance du 15 décembre 1919.

(2) HARVEY GIBSON, *Notes on the Histology of* Polysiphonia fastigiata (*Roth*) *Grev.* (*Journal of Botany*, t. 29, Londres, 1891).

néanmoins, il le désignait comme épiphyte, et c'est peut-être pour cette raison que sa remarque a passé inaperçue, peut-être aussi parce que Falkenberg n'en tient pas compte dans son grand Ouvrage sur les Rhodomélacées [1]. Or, son parasitisme est si parfaitement caractérisé et si facile à constater qu'il serait un excellent exemple à choisir pour des travaux pratiques d'étudiants. Je l'ai observé en septembre dernier, à la Station biologique de Roscoff, sur des exemplaires adultes et sur des plantules, fort abondantes en cette saison; aucun des individus examinés ne possédait de disque d'adhérence, ni même de rhizoïdes d'adhérence, comme en présentent les Algues épiphytes. Ce qui est intéressant, dans la circonstance, n'est pas autant de faire connaître une nouvelle Floridée parasite, car Setchell en compte 51 espèces bien caractérisées comme telles [2], que de constater le phénomène chez une plante très vulgaire qui devient de beaucoup la plus grande des Floridées parasites européennes; ce parasitisme s'exerce aux dépens d'une Algue brune, tandis que la plupart des autres vivent sur des Algues rouges; enfin, si le parasitisme de certaines espèces minuscules a donné lieu à des interprétations inconstantes, celui du *P. fastigiata* ne prête à aucun doute par son évidence même.

Dès le début, la plantule se fixe à l'*Ascophyllum* en y pénétrant. Une plantule polysiphoniée, haute de $0^{mm},2$ au-dessus du support, possède déjà une partie endophyte, unicellulaire, presque aussi longue qu'elle, et homologue du premier rhizoïde des *Polysiphonia* à vie indépendante [3]. Ensuite, la partie dressée s'accroît incessamment, tandis que la partie profonde s'allonge à peine. Celle-ci, enfoncée comme une cheville obtuse entre les cellules de l'*Ascophyllum,* est droite ou un peu tortueuse, simple, indivise, de même largeur que la plantule ou presque, cylindrique à extrémité arrondie. Nettement fixatrice, cette cellule basilaire joue évidemment aussi le rôle de suçoir. Elle n'est jamais enfouie totalement dans le support, car sa partie supérieure, d'une teinte plus rosée que le filament, est toujours visible. La partie endophyte, qu'une traction mesurée permet d'arracher intacte, est pareillement rosée par ses chromatophores; sa paroi, d'épais-

---

(1) P. Falkenberg, *Die Rhodomelaceen* (*Fauna und Flora des Golfes von Neapel*, Monographie 26, Berlin, 1901.

(2) W.-A. Setchell, *Parasitism among the red Algæ* (*Proceedings american philosophical Society*, t. 62, Philadelphie, 1918).

(3) Fr. Tobler, *Weitere Beiträge zur Kenntnis der Florideen keimlinge* (*Beihefte Botan. Centralblatt*, t. 21, Dresde, 1907). — H. Kylin, *Ueber die Keimung der Florideensporen* (*Arkiv för Botanik*, t. 14, Stockholm, 1917).

seur très variable, montre souvent une stratification multiple et son protoplasme s'étale, en haut, contre la paroi commune avec la première cellule centrale; celle-ci présente des cellules péricentrales normales dont le suçoir est toujours dépourvu.

Chaque cellule du verticille péricentral inférieur produit bientôt vers le bas, et dans l'épaisseur de la membrane du suçoir, une courte file de cellules; toutefois, cette légère cortication ne descend jamais dans la portion endophyte.

Avant de se bifurquer, le jeune filament émet une ou plusieurs branches adventives basilaires, souvent deux opposées, fournies par la cellule centrale inférieure, et d'abord dirigées quasi horizontalement. Puis de nouvelles branches adventives, de même origine, naissent immédiatement au-dessous des précédentes. De croissance rapide, elles se bifurquent souvent avant le filament primaire, et un bouquet de filaments semblables, mais d'âge différent, constituent le jeune *Polysiphonia*.

Tandis que la base des branches adventives grossit, chacune émet, comme le filament primaire, des cellules intramembraneuses de cortication et la jeune touffe repose plus largement sur l'*Ascophyllum*. Lorsque les germinations sont groupées sur le support, ce qui est fréquent, les plantules s'enchevêtrent, se soudent plus ou moins entre elles, et une touffe est alors due à la réunion de plusieurs individus originellement indépendants.

Cependant, le suçoir de chaque individu était jusque-là unique et son seul organe de fixation. Bientôt, de leur face inférieure et tout près de leur insertion, les branches adventives émettent des suçoirs identiques au premier, pourvus comme lui d'une cortication basilaire interne, et qui s'enfoncent de même dans l'*Ascophyllum* perpendiculairement à sa surface. A ce même niveau, elles produisent des branches adventives de second ordre identiques à elles.

Des branches, que leur situation ou leur direction rapproche le plus du support, émettent des rhizoïdes aux dépens de cellules péricentrales. Une action de contact ne peut pas toujours être invoquée pour expliquer leur apparition, car certains d'entre eux dépassent $0^{mm},5$ de longueur; ils naissent souvent par groupes; on en voit même parfois une dizaine qui sont contigus, et un filament peut en émettre plusieurs groupes dispersés sur sa longueur. Les rhizoïdes courts se comportent exactement comme les suçoirs; ceux qui sont longs sont d'abord grêles, puis s'élargissent pour pénétrer dans le support, et je n'ai vu aucun d'eux s'étaler sur le support, comme cela s'observe chez les Rhodomélacées rampantes. Leur effet ne

tarde généralement pas à se faire sentir sur le filament qui les émet, car, tout auprès d'eux, apparaissent des branches adventives qui constituent une nouvelle touffe, capable de vivre indépendamment de la touffe mère si un accident l'en sépare. Ces rhizoïdes-suçoirs permettent donc la fixation, la nutrition et la multiplication de la plante. Le nombre de ces touffes filles varie beaucoup selon les individus.

Les suçoirs se voient facilement sur les coupes du support, car ils y pénètrent largement, écartent les files radiales de cellules corticales et s'avancent jusque dans la moelle; ils sont dépourvus de ponctuations. Je n'ai pas observé de réaction particulière de la plante hospitalière; cependant, certaines cellules voisines des suçoirs sont mortifiées, à contenu brun et mort; en outre, les globules de fucosane sont peut-être plus abondants au voisinage des suçoirs, dont la paroi rougit aussi par la vanilline chlorhydrique.

La présence du *P. fastigiata* sur l'*Ascophyllum* s'explique donc par une adaptation spécifique à la vie parasitaire. Il paraît rare sur les *Fucus;* quelques auteurs l'y ont cité, d'ailleurs sans indiquer dans quelles conditions biologiques. Cependant, Cotton l'a vu en Irlande sur des *F. platycarpus* et *F. vesiculosus* de stations exposées où manque l'*Ascophyllum* (¹). Je l'ai récolté dans les mêmes conditions à l'île d'Ouessant, en septembre dernier, sur des *Fucus* très déchiquetés qui, par leur niveau élevé, appartenaient vraisemblablement à l'espèce *platycarpus.* Il s'y comporte comme sur l'*Ascophyllum,* avec cette différence toutefois qu'il se fixe sur des parties détériorées ou éraflées; son parasitisme y est aussi net. Le *P. fastigiata* vit donc également bien aux dépens de l'un ou l'autre support. Toutefois, s'il n'envahit que les *Fucus* des stations exposées, toujours plus ou moins endommagés, c'est sans doute parce que ses rhizoïdes, ou tout au moins le premier suçoir, ne peuvent traverser la cuticule des *Fucus* comme ils traversent celle de l'*Ascophyllum.*

On sait combien la variabilité des *Polysiphonia* rend parfois difficile leur détermination spécifique; le *P. fastigiata* est, au contraire, très uniforme; peut-être le doit-il à son parasitisme constant.

A ma connaissance, aucun auteur, à part Lyngbye (²), n'a cité le *P. fastigiata* sur les rochers.

(¹) A.-D. Cotton, *Clare Island Survey*, Part 15; *Marine Algæ* (*Proceedings of the royal Irish Academy*, t. 31, Dublin, 1912).

(²) H.-C. Lyngbye, *Tentamen hydrophytologiæ danicæ*, Copenhague, 1809.

Le **Prince Bonaparte** fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de publier sur les *Fougères de l'Indo-Chine*.

Dans cet article l'auteur étudie les usages de ces plantes, ainsi que les superstitions auxquelles elles ont donné lieu.

PLIS CACHETÉS.

M. **Emmanuel Castet** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 27 mai 1910 et inscrit sous le n° 5815.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme un Mémoire *Sur la loi de la gravitation universelle considérée dans ses rapports avec la lumière.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. **W. Kilian** adresse un *Rapport sur les recherches sur les faunes fossiles et la stratigraphie du sud-est de la France*, exécutées par lui-même ou sous sa direction au moyen d'une subvention accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1917.

L'**Académie roumaine** adresse l'expression de ses regrets les plus vifs à l'occasion du décès de M. *Ch. Bouchard.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A. Lacassagne, *La verte vieillesse.* (Présenté par M. Widal.)

MM. **L. Boutan**, **Chervin**, **L. Joleaud**, **Jouaust**, **Le Besnerais**, **R. Locquin**, **Marcel Sommelet** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

La **Fédération française des Sociétés des Sciences naturelles** et MM. **A. Boutaric, Émile Brumpt, E. Fauret-Frémiet, A. Guilliermond, A. Vayssière** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

La **Fédération française des Sociétés des Sciences naturelles**, la **Société géologique du Nord** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des polynomes d'une variable.* Note de M. **Fritz Carlson**, présentée par M. Hadamard.

Soit

$$P(x) = 1 + \gamma_1 x + \gamma_2 x^2 + \ldots + \gamma_n x^n,$$

un polynome en x du degré $n > 0$ et vérifiant $P(0) = 1$. Il existe toujours, sur le cercle $|x| = 1$, des points où $P|(x)| > 1$. Par conséquent, si le nombre réel τ vérifie

$$0 < \tau \leqq 1,$$

les arcs du cercle $|x| = 1$, où $|P(x)| \leqq \tau$, ont une somme $s_n(\tau) < 2\pi$. Le nombre n restant fixe et la condition $P(0) = 1$ étant toujours vérifiée, faisons varier les coefficients $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n$. Alors les sommes $s_n(\tau)$ auront une limite supérieure $\theta_n(\tau) \leqq 2\pi$.

Pour traiter un premier cas, supposons $n = 1$, de sorte que

$$P(x) = 1 + \gamma_1 x.$$

Les points du plan des x, où $|P(x)| = \tau$, se trouvent sur le cercle

$$(1) \qquad \left| x + \frac{1}{\gamma_1} \right| = \frac{\tau}{|\gamma_1|}.$$

On peut supposer γ_1 réel et négatif, de sorte que le centre M du cercle (1) se trouve sur l'axe réel positif. Soit ACB la corde commune au cercle (1) et au cercle $|x| = 1$, le point milieu C étant sur l'axe positif. Alors

$$\sin \frac{s_1(\tau)}{2} = \text{AC}.$$

Pour une corde ABC donnée, on trouvera le centre M en cherchant sur l'axe positif les points M tels que

$$\sin \text{AOC} : \sin \text{MAO} = \tau.$$

Le point X décrivant l'axe réel positif en partant de O, le rapport sin AOC : sin XAO va en diminuant et atteindra sa valeur minimum sin AOC lorsque XA touche le cercle $|x| = 1$ en A. Par conséquent, pour qu'il existe un cercle (1) passant par les points donnés A et B, il suffit que sin AOC $\leqq \tau$. On en conclut

$$\theta_1(\tau) = 2 \arc \sin \theta,$$

limite qui, pour $\tau < 1$, est atteinte par le polynome

$$1 - x\sqrt{1-\tau^2} = 1 - x \cos \frac{\theta_1(\tau)}{2}.$$

Si l'on veut traiter le cas général d'une manière analogue, on aurait à chercher les points où la courbe $|P(x)| = \tau$ coupe le cercle $|x| = 1$. Pour $n \geqq 3$, ces considérations me semblent très compliquées et, pour le moment, je ne peux pas indiquer le valeur exacte de $\theta_n(\tau)$.

Je vais montrer que, pour $0 < \tau \leqq 1$

$$\lim \theta_n(\tau) = 2\pi,$$

de sorte qu'il existe des polynomes $P(x)$ avec $P(0) = 1$ et vérifiant l'inégalité $|P(x)| \leqq \tau$ sur les arcs du cercle $|x| = 1$ dont la somme est aussi voisine de 2π qu'on voudra. D'ailleurs, on peut choisir ces polynomes de telle manière que les arcs considérés soient connexes.

THÉORÈME. — *Soient δ et τ deux nombres positifs, arbitrairement petits. Il existe un polynome $P(x)$ vérifiant les conditions suivantes :*

$$P(0) = 1;$$
$$|P(e^{i\varphi})| < \tau \quad \text{pour} \quad -\pi + \delta \leqq \varphi \leqq \pi - \delta.$$

Pour le démontrer, choisissons un nombre réel positif, r vérifiant

$$\frac{1}{|1 - re^{i\delta}|} = \sigma < \tau.$$

Posons

$$\varphi(x) = \frac{1}{1 + rx},$$

x désignant un point de l'arc

(2) $$x = e^{i\varphi}, \quad |\varphi| \leqq \pi - \delta,$$

on aura

$$|1 + rx| \geqq |1 - re^{i\delta}|;$$

par conséquent

$$|\varphi(x)| \leqq \sigma.$$

Faisons une coupure suivant l'axe réel négatif, de $-\frac{1}{r}$ jusqu'à $-\infty$. Alors $\varphi(x)$ peut être développée en une série de polynomes qui converge uniformément dans tout domaine fini laissant à l'extérieur tout point de la coupure. Soit D un tel domaine contenant l'arc (2) et le point $x = 0$. Quelque petit que soit $\varepsilon > 0$ on peut donc trouver un polynome $R(x)$ qui, pour tout point de D, vérifie l'inégalité

$$|R(x) - \varphi(x)| < \frac{\varepsilon}{2}.$$

Posons

$$P(x) = R(x) - R(0) + 1.$$

Alors

$$P(0) = 1$$

et, pour tout point x de l'arc (2),

$$|P(x)| \leqq |R(x)| + |R(0) - 1| < \sigma + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{2} = \sigma + \varepsilon.$$

Pour achever la démonstration on n'a qu'à choisir $\varepsilon < \tau - \sigma$.

En appliquant les méthodes connues pour calculer les polynomes d'approximation, on pourra obtenir des bornes asymptotiques de $\theta_n(\tau)$. Pour en indiquer une seule, la méthode de M. Mittag-Leffler donnera immédiatement l'inégalité

$$\theta_n(\tau) > 2\pi - k\left(1 + \frac{1}{\tau}\right)\frac{\log n}{n}[1 + \varepsilon(n)],$$

où (pour toute valeur fixe de τ) $\lim \varepsilon(n) = 0$, k désignant une constante numérique (toujours < 12).

Je veux ici signaler une application que j'ai faite du théorème démontré. Elle concerne *les séries de Taylor*

$$a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n + \ldots$$

à coefficients entiers. Si le rayon de convergence est égal à l'unité, une telle série représentera ou une fonction rationnelle de x ou bien une fonction pour laquelle le cercle $|x| = 1$ est une coupure.

Ma démonstration complète paraîtra dans une autre publication.

ÉLASTICITÉ. — *Méthode de détermination des tensions existant dans un cylindre circulaire.* Note de M. **Mesnager**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note parue aux *Comptes rendus* (t. 169, 1919, p. 955), M. Portevin donne des indications très intéressantes sur les tensions internes développées dans un cylindre par la trempe. Malheureusement la méthode employée, due à MM. Heyn et Bauer, ne tient compte que des tensions parallèles à l'axe du cylindre et suppose nulles et demeurant nulles celles qui seraient dirigées soit suivant les rayons, soit normalement aux plans méridiens. Si une couche forme frettage, sans donner *aucune tension longitudinale*, après son enlèvement la longueur du cylindre changera (le coefficient de Poisson étant différent de zéro), la formule des deux professeurs de Berlin donnera des *tensions longitudinales*, ce qui est faux.

Cependant il n'est pas rare de voir des tiges de laiton se fendre longitudinalement, preuve de la valeur des tensions négligées.

Il me semble donc utile de donner une méthode exacte.

Admettons, comme la méthode employée le suppose : 1° que l'enlèvement de matière est fait sans développer dans le solide restant de déformations permanentes (une discussion est toujours nécessaire sur ce point après détermination des tensions); 2° que tout soit symétrique par rapport à l'axe; 3° que la pièce soit assez longue pour que, dans les sections considérées, tout soit indépendant de la coordonnée comptée parallèlement à l'axe. Prenons les coordonnées cylindriques. Les tensions à déterminer sont la tension longitudinale λ, la tension radiale ρ, suivant le rayon, la tension circonférentielle γ. Les tensions tangentielles sont nulles par raison de symétrie.

On peut procéder, par exemple, par enlèvement de cylindres successifs intérieurs concentriques, au moyen de forages, et mesurer 1° l'accroissement δd du diamètre extérieur, 2° l'accroissement δl d'une longueur l prise sur les génératrices rectilignes du cylindre extérieur. Ces mesures doivent être faites dans une partie voisine du milieu de la longueur du cylindre et ne comprendre que des points distants des extrémités, de deux diamètres au moins. Car, dans ce domaine, une section droite reste plane après forage.

Soient r_1 et r_2, deux cylindres coaxiaux, supportant à la surface des tensions normales ρ_1 et ρ_2; η, le coefficient de Poisson; E, le module d'Young.

En utilisant le calcul de Lamé (*Leçons sur l'Élasticité*. Bachelier, 1852, p. 190), on trouve dans l'enveloppe cylindrique qu'ils limitent

$$(1) \qquad \gamma = [\rho_1 r_1^2(1 + r_2^2 r^{-2}) - \rho_2 r_2^2(1 + r_1^2 r^{-2})](r_1^2 - r_2^2)^{-1},$$

qui est indépendant de λ, puisque les sections droites restent planes. D'autre part, ρ devant se réduire à ρ_1 et ρ_2 sur les surfaces cylindriques limites, et donner aux parallèles à l'axe un allongement uniforme

$$(2) \qquad \rho = [\rho_1 r_1^2(1 - r_2^2 r^{-2}) - \rho_2 r_2^2(1 - r_1^2 r^{-2})](r_1^2 - r_2^2)^{-1}.$$

Si l'on détache un cylindre, de rayon b, à l'intérieur d'un cylindre de rayon a, libre sur sa surface extérieure, on fait disparaître sur la surface intérieure du tube restant des tensions ρ' et γ' et sur sa surface extérieure une tension γ'', ainsi que dans tout son volume une tension longitudinale uniforme λ. Ces tensions satisfont aux formules (1) et (2), car si l'on rétablit ρ', ρ et γ apparaîtront dans l'enveloppe extérieure élastique. La tension ρ'' sur la surface extérieure est nulle, on a donc

$$(3) \qquad \gamma' = -\rho(a^2 + b^2)(a^2 - b^2)^{-1},$$

$$(4) \qquad \gamma'' = -2\rho' b^2(a^2 - b^2)^{-1}.$$

L'accroissement du diamètre extérieur du tube, par suite de la suppression du cylindre b, est de signe contraire à ce qui proviendrait des tensions γ'' et λ,

$$(5) \qquad \delta d = -\mathrm{E}^{-1}(\gamma'' - \eta\lambda)2a.$$

L'allongement uniforme que subit l'enveloppe cylindrique, par suite de la suppression du cylindre b, est de même

$$(6) \qquad \delta l = -\mathrm{E}^{-1}(\lambda - \eta\gamma'')l.$$

Les quatre équations (3), (4), (5) et (6) déterminent les quatre quantités γ', ρ', γ'', λ. De ces quantités γ' et ρ' sont des solutions immédiatement utilisables. Pour obtenir la tension longitudinale moyenne dans une couche quelconque, on partira de la tension longitudinale trouvée pour la dernière couche extérieure; on passera ensuite aux autres en écrivant que la somme, obtenue en ajoutant le produit de la tension longitudinale de chaque couche par sa section droite, est égale à la tension longitudinale moyenne λ de l'ensemble de n couches, deduite de (5) et (6), multipliée par la section droite de ces n couches, $\lambda_1 S_1 + \lambda_2 S_2 + \ldots = \lambda(S_1 + S_2 + \ldots)$. Si $n - 1$ tensions sont connues à partir de la surface, la n^e sera ainsi obtenue.

Autre manière d'opérer. — Si l'on préfère, on peut aussi enlever les couches extérieures, en ayant soin de conserver dans la section droite centrale deux petits prismes de matière portant chacun une des extrémités d'un même diamètre. Les calculs sont analogues aux précédents.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une machine à tailler les brosses.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Lippmann.

Cet appareil se compose essentiellement d'un système de lames tournantes, formant cisailles, mû par une dynamo. Il effectue la taille des brosses, soit droite, soit bombée, avec une parfaite régularité. Je l'ai muni de protecteurs qui permettent de le confier à un aveugle, sans crainte d'accidents. L'intérêt qu'il présente dans ces conditions, c'est de fournir aux aveugles un métier de plus à exercer. La machine entre leurs mains fournit beaucoup plus de travail en un temps donné que les ciseaux maniés par un voyant. On a pris les précautions nécessaires pour que la machine à tailler les brosses ne soit utilisée que dans des ateliers de travailleurs aveugles.

PHYSIQUE. — *Sur l'aluminium spontanément oxydable à l'air.* Note de M. **E. Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

Une Note de M. Guillet (¹) concernant l'altération subie par certains alliages d'aluminium m'incite à donner une plus large publicité à divers phénomènes dont je consignai l'observation dans ma Thèse, il y a une dizaine d'années (²).

En étudiant l'action de la chaleur dans le vide sur l'aluminium pratiquement pur (³) (Al 99,3 pour 100) je constatais qu'il se volatilise notablement à partir de $+1100°$; qu'en l'absence du silicium et du carbone, la volatilisation est presque totale à cette température (97 pour 100, après 73 heures). Elle l'est même complètement, et au bout de 30 heures, lorsqu'on opère à $+1200°$.

Toutefois, une partie du métal est moins volatile que le reste, et au cours

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1042.
(²) *Recherches sur l'aluminium* (Béranger, édit.), p. 83-91.
(³) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 159; *Bull. Soc. chim.*, 1910.

d'une sorte de distillation fractionnée, j'ai pu isoler à diverses reprises un métal *spontanément oxydable à l'air*.

Afin d'éviter l'action des vapeurs d'aluminium sur les silicates et, consécutivement, celles du silicium (en vapeurs ou non) sur l'aluminium non volatilisé, j'avais employé comme récipient des nacelles en alumine pure, placées dans un long tube de fer doux et introduit enfin ce dernier dans un tube de porcelaine relié à la trompe à vide.

J'observais alors, en fractionnant la distillation, des phénomènes très curieux concernant, d'une part, les vapeurs d'aluminium sublimées sur l'enceinte en fer doux et, d'autre part, les globules du métal non volatilisé.

1° Le tube de fer doux se recouvre d'un enduit argenté très brillant soit finement craquelé, soit miroitant. Lorsqu'on abandonne le tube à l'air, l'enduit se ternit; mais à l'abri de l'air, il paraît résister indéfiniment, ainsi que j'ai pu le vérifier sur un tube aluminié préparé il y a plus de dix ans.

2° Quant aux portions non volatilisées de l'aluminium restées dans les nacelles au cours de certaines expériences, elles possédaient la propriété singulière d'être spontanément oxydables à l'air. Toutefois, pour les obtenir, il était toujours nécessaire de prolonger le chauffage vers + 1100° au moins pendant 16 heures.

Un des globules d'aluminium spontanément oxydable fut obtenu en chauffant à + 1100° pendant 20 heures de l'aluminium, la perte de poids de la matière première était de 23 pour 100. Le globule résiduaire pesant environ 0g,1, introduit dans un tube ouvert, entre deux tampons de ouate, se transforme complètement après un mois en une poudre grise jaunâtre volumineuse constituée par un mélange de parcelles métalliques et d'oxyde.

Malheureusement, même en prolongeant le chauffage très au delà de 20 heures, je n'ai pas toujours pu obtenir à coup sûr cet aluminium spécial.

L'expérience m'avait montré, d'autre part, que les traces de fer et le silicium, impuretés constantes de l'aluminium, résistent à la volatilisation et donnent dans les nacelles des résidus eux-mêmes spontanément oxydables. On pourrait, par suite, penser que l'aluminium soumis à la distillation, s'enrichissant en impuretés fer et silicium, acquerrait de ce fait la curieuse propriété d'être extrêmement altérable à l'air. Cette explication cadrant assez avec certaines idées chères aux spécialistes de l'aluminium, ne me paraît toutefois pas suffisante : L'aluminium que j'ai isolé comme métal spontanément oxydable ne contenait, en somme, comme impuretés, que

0,40 de fer et 0,50 pour 100 de silicium. C'est-à-dire qu'il était encore beaucoup plus pur que l'aluminium industriel employé pendant si longtemps sans trop d'inconvénients à la fabrication des ustensiles même culinaires.

Aussi doit-on, en attendant une meilleure explication, plutôt attribuer à une transformation allotropique, l'existence de l'aluminium spontanément oxydable que j'ai pu isoler, par distillation dans le vide, de l'aluminium ordinaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tensions de polarisation du fer dans les solutions de ses sels complexes. Relations entre ces tensions et la dissimulation des caractères analytiques des ions ferriques.* Note de MM. **N.-R. Dhar** et **G. Urbain**, présentée par M. A. Haller.

Soit une pile composée de deux demi-éléments, reliés par une solution de chlorure de potassium. Le premier demi-élément se compose d'une électrode métallique plongée dans la solution d'un sel de ce métal. Le second se compose d'une électrode de mercure que surnagent une solution de chlorure de potassium et un excès de calomel.

La force électromotrice d'une telle pile dépend, à égalité de concentration et de température, de la nature du sel. En comparant, de cette manière, différents sels d'un même métal, on obtient une série de nombres qui classent ces sels dans un certain ordre. Ce principe de classification présente un intérêt particulier en ce qui concerne les sels complexes; et c'est sur ce point que nous désirons attirer l'attention.

Les forces électromotrices des piles, constituées comme il vient d'être dit, avec des solutions décinormales de préférence, ont été déterminées, suivant la méthode de Poggendorff, par comparaison avec un étalon Weston au cadmium.

Lorsqu'on étudie de cette manière des sels complexes, il est fréquent que les nombres varient avec le temps. Cela tient à ce que ces sels évoluent spontanément en solution. Il est alors nécessaire, afin que les résultats se rapportent aussi exactement que possible à la constitution primitive du sel, de faire les mesures aussitôt après avoir préparé les solutions.

La force électromotrice de chaque pile se présente comme une somme de différences de potentiel dont le siège se trouve aux surfaces de séparation des divers milieux. Nous avons admis qu'il était légitime de négliger les différences de potentiel entre les surfaces liquides, vis-à-vis des différences

de potentiel entre les solutions et les électrodes. La force électromotrice se présente alors comme la somme de deux termes, relatifs à chacun des électrodes.

En ce qui concerne l'électrode au calomel, nous avons adopté les nombres donnés par M. Auerbach (*Z. Electroch.*, t. 18, 1912, p. 13). Si la manière de voir sur laquelle repose de telles mesures absolues devait être rejetée dans l'avenir, nos résultats n'en seraient pas affectés, car les valeurs relatives seules sont en cause; mais il nous a paru commode de faire abstraction, dans l'argumentation, du demi-élément au calomel, et de désigner par *tension* la différence entre la force électromotrice de la pile et la valeur correspondante, admise par M. Auerbach, pour le demi-élément de pile au calomel.

D'après la théorie actuelle des ions électrolytiques, cette tension dépend, toutes choses égales d'ailleurs, du nombre d'ions-métal libres dans la solution. Plus grande est la concentration en ions simples libres, pour un métal déterminé, plus faible est la tension observée.

Aux valeurs croissantes des tensions correspondent des concentrations décroissantes en ions métalliques, par divers sels d'un même métal, employés en proportions équivalentes.

Il en résulte que pour différents sels simples d'acides également forts, la tension doit avoir les plus faibles valeurs. S'il s'agit des sels doubles correspondants, les valeurs doivent être, en solutions diluées, à peu près les mêmes que pour les sels simples; car, dans de telles conditions, les sels doubles sont pratiquement dissociés complètement en leurs constituants.

En général, les sels d'acides forts ne donnent guère que des sels doubles; par contre, les sels d'acides faibles donnent des complexes se rapprochant plus ou moins de l'état parfait. Un complexe parfait dissimule les divers constituants de l'ion complexe à leurs réactifs, tant chimiques que physiques. Mais, dans la chimie des métaux, l'ion complexe parfait est un cas limite idéal. En fait, il n'y a que des ions complexes imparfaits, plus ou moins désintégrés en solution, et dont on peut toujours mettre en évidence les constituants simples libérés, si l'on dispose de réactifs suffisamment sensibles. La réaction des forces électromotrices est la plus sensible de toutes, et elle est susceptible d'une mesure précise.

Si un métal est engagé dans un ion complexe, la tension est d'autant plus grande que ce complexe est plus voisin de l'état parfait.

Nature du sol.	F.E.M (en volts).	Tensions.
Sels ferreux { $FeSO^4, 7H^2O$	+0,747	−0,410
Sels ferreux { $FeSO^4, SO^4(NH^4)^2, 6H^2O$	+0,747	−0,410
Sels ferreux { $[Fe(CN)^6]K^4$	+0,501	−0,164
$FeCl^3$	+0,660	−0,323
$FeCl^3, 2NH^4Cl, H^2O$	+0,665	−0,318
FeF^3	+0,647	−0,310
$\left[Fe\left(\begin{matrix}CH^2.CO^2\\C(OH).CO^2\\CH^2.CO^2\end{matrix}\right)^2\right](NH^4)^3$	+0,574	−0,237
$[Fe(C^2O^4)^3]K^3$	+0,383	−0,016
$\left[Fe\begin{matrix}NO\\(CN)^5\end{matrix}\right]Na^2, 2H^2O$	+0,127	+0,120
$[Fe(CN)^6]K^3$	−0,167	+0,540

Ces divers résultats sont à rapprocher de ceux qu'a obtenus M. Pascal (*Thèse*, Paris, 1909), pour les susceptibilités magnétiques moléculaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constante de dissociation du peroxyde d'azote.* Note [1] de M. **Eugène Wourtzel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On connaît l'importance que présente, au point de vue industriel, la réaction entre les gaz NO et O^2. A la suite de recherches faites par M. l'ingénieur Schreuder [2] (Kristiania), et sur la proposition de ce dernier, j'ai fait une série de mesures sur la vitesse de cette réaction, en ayant recours à la technique expérimentale moderne, sous la forme déjà appliquée à d'autres études [3].

De l'application de cette technique, il résultait, tout d'abord, l'avantage de substituer au contrôle chimique de la réaction la simple mesure de contraction qui se produit dans les gaz réagissants. Mais alors, pour connaître, à chaque instant, les quantités des gaz NO et O^2 entrées en réaction, il est indispensable de connaître le degré de dissociation du peroxyde d'azote formé. Les données actuelles sur la dissociation du

(1) Séance du 15 décembre 1919.

(2) Chr. Schreuder, *Recherches inédites.*

(3) Eug. Wourtzel, *J. Ch. ph.*, t. 11, 1913, p. 34; *Ibid.*, p. 214; *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 929; *Ibid.*, t. 158, 1914, p. 571; *Rad.*, t. 11, 1919, p. 290.

gaz N^2O^4 étant déjà assez anciennes et peu concordantes [1], il y avait lieu de procéder à leur révision.

A cause des propriétés corrosives du peroxyde d'azote, j'ai dû renoncer aux mesures de densités habituelles, en leur substituant une nouvelle méthode volumétrique. Cette méthode présente en outre l'avantage d'utiliser l'appareil appliqué à d'autres études et d'être exempte de toutes les pesées, sauf les pesées de calibrage. Le principe de la méthode consiste à mélanger les deux gaz, NO et O^2, mesurés au préalable, et à déterminer, ensuite, la contraction qui s'y produit.

Le dispositif employé comprend deux ballons jaugés, reliés par une canalisation également jaugée et communiquant avec un manomètre à mercure, à trois branches, dont l'une, vidée au préalable et scellée ensuite, sert de colonne barométrique; la seconde sert à la mesure du gaz NO et la troisième à la mesure du gaz O^2. La robinetterie de la canalisation est disposée de façon que les deux gaz ne s'altèrent pas au-dessus de la même colonne du mercure. La température est maintenue à 0^0 dans les deux ballons, par de la glace fondante; les hautes températures sont obtenues par de l'eau chauffée électriquement, à l'aide d'un thermo-régulateur, et fortement agitée.

Les opérations se succèdent de la façon suivante. On remplit le premier ballon, dit *récipient à réaction*, du gaz NO pur et sec. La pression lue (P_{NO}), on ferme le ballon et l'on évacue la canalisation d'une façon complète. Ensuite, on remplit le second ballon, dit *volumètre*, et la canalisation de gaz O^2, dont la quantité doit être suffisante non seulement pour fixer la totalité de gaz NO déjà mesuré, mais aussi pour ramener la réaction à la fin dans un délai aussi court que possible. La lecture faite, (P_{M_1}), on laisse pénétrer l'oxygène dans le récipient à réaction, en ouvrant son robinet.

Pour amener autant d'oxygène que possible, on maintient le robinet ouvert pendant quelques minutes, durant lesquelles la réaction s'effectue en majeure partie. On ferme ensuite le robinet et on ne l'ouvre de nouveau que lorsque la réaction est complètement terminée. On lit ensuite la pression ainsi égalisée (P_{M_2}).

Connaissant les pressions P_{M_1} et P_{M_2} et les données de calibrage, on calcule la pression P_{O^2} de l'oxygène répandu dans le récipient à réaction. La contraction subie P_C est alors déterminée par la relation

$$P_C = P_{NO} + P_{O^2} - P_{M_2}.$$

Si l'on désigne, maintenant, la constante de dissociation du peroxyde d'azote par $K = \frac{(P_{NO^2})^2}{P_{N^2O^4}}$, et par $x = \frac{P_{N^2O^4}}{\frac{1}{2}P_{NO^2} + P_{N^2O^4}}$ le degré de sa polymérisa-

(1) E. et L. NATANSON, *Wied Ann.*, t. 27, 1886, p. 606.

tion, on obtient, à partir des données expérimentales,

$$x = \frac{2P_C}{P_{NO}} - 1 \quad \text{et} \quad K = \frac{2P_{NO}(1-x)^2}{x}.$$

Les données obtenues sont réunies dans le Tableau suivant :

Tempér. C°....	0°.		25°,2.		
Expériences...	1.	2.	1.	2.	3.
P_{NO}........	20,62	60,32	88,85	150,21	152,61
P_{O^2}........	31,96	66,34	81,14	135,77	133,72
P_C.........	16,27	51,84	64,96	116,50	115,38
x..........	0,5710	0,7187	0,4624	0,5513	0,5515
K..........	13,34	13,28	111,1	109,7	111,5

Tempér. C°....	50°,3.			86°,5.		
Expériences...	1.	2.	3.	1.	2.	3.
P_{NO}........	90,66	197,92	199,0	195,01	193,33	198,68
P_{O^2}........	85,08	173,33	175,29	166,79	168,00	168,68
P_C.........	53,73	128,74	129,47	103,31	102,72	105,73
x..........	0,1853	0,3009	0,3012	0,0601	0,0626	0,0639
K..........	649,5	643,0	643,8	5734	5442	5347

La variation de la constante K avec la température peut être représentée par une équation $\text{Log}\frac{K}{T} = -\frac{2810,5}{T} + 8,9908$.

Tempér. C°......	0°.	25°,2.	50°,3.	86°,5.
K, moyenne observé.......	13,31	110,8	645,4	5508
K, calculé................	13,68	110,5	645,4	5410
Écart pour 100............	− 2,8	+0,3	0,0	+ 1,8

Si l'on compare les résultats de nos expériences avec les mesures plus anciennes de MM. Natanson, telles qu'elles furent recalculées plus récemment par M. Schreber et M. Haber [1], et admises à la suite dans tous les Traités de Chimie physique, on voit que celles-ci concordent entre elles d'une façon beaucoup moins précise que les mesures présentes. Cependant, entre 50° et 100°, les moyennes des mesures isothermiques de MM. Natanson ne se diffèrent que peu de notre courbe.

Au-dessous de 50°, les moyennes isothermiques, calculées par M. Schreber, s'écartent de notre courbe de 10 à 15 pour 100. Il faut cependant noter

(1) SCHREBER, *Zeits. ph. Chem.*, t. 24, 1897, p. 651. HABER. *Term. Techn. Gasreact*, 1905.

que, même dans ce cas, les mesures de MM. Natanson concordent avec les nôtres tant qu'elles sont faites dans la même région des pressions; les mesures faites dans des régions de pression plus élevée s'en écartent. Alors, d'une façon systématique, les valeurs des constantes deviennent d'autant plus faibles que la pression est plus forte, ce qui s'explique entièrement par l'écart à la loi d'Avogadro.

Si l'on élimine les mesures qui en sont entachées, on peut représenter, avec une exactitude suffisante, à l'aide de notre équation

$$\log\frac{K}{T} = -\frac{2810,5}{T} + 8,9908,$$

les deux séries de mesures faites par deux méthodes essentiellement différentes.

Il en résulte que la chaleur de polymérisation (sous volume constant), $2NO^2 - N^2O^4 = 13132^{cal}$, trouvée par M. Schreber, doit être remplacée par la valeur 12850^{cal}; cette dernière est exacte à 0,5 pour 100.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'arsenic dans l'étain et dans les étamages.* Note de M. **Lucien Vallery**, présentée par M. Charles Moureu.

La méthode de Marsh, appliquée au dosage de l'arsenic dans l'étain et dans les étamages, indiquée par la plupart des traités de Chimie alimentaire, donne des résultats inexacts, entachés d'une erreur relative par défaut assez faible pour de petites prises d'essai, mais pouvant s'élever avec des prises d'essai importantes jusqu'à 75 pour 100 ([1]).

La présence des oxydes métalliques réductibles a, d'ailleurs, été signalée par plusieurs auteurs, et par A. Carnot en particulier, comme pouvant gêner la production d'arséniure d'hydrogène gazeux.

Le procédé auquel nous nous sommes référé jusqu'ici pour obtenir un dosage, par comparaison avec lequel les résultats obtenus par la méthode de Marsh se sont montrés erronés, consiste, en principe, à distiller l'arsenic à l'état de chlorure d'arsenic suivant la méthode employée généralement dans les laboratoires métallurgiques, en nous conformant pour la conduite de l'opération anx indications de A. Hollard et Bertiaux, et à doser l'arsenic

([1]) Il est, du reste, facile, après plusieurs heures de marche de l'appareil, de constater la présence d'arsenic tant dans la mousse d'étain précipitée, que dans la liqueur sulfurique.

dans le distillat, non pas par l'iode ou par le bromate de potasse, comme on le fait ordinairement, mais par réduction au moyen de l'acide hypophosphoreux (réactif de Bougault) et dosage colorimétrique au moyen d'un colorimètre de précision, de la solution colloïdale d'arsenic obtenue. Nous estimons, en effet, que les méthodes volumétriques, appliquées à la détermination de doses minimes d'arsenic, telles que celles que l'on rencontre dans les métaux affinés, outre qu'elles ne peuvent évidemment comporter qu'une faible approximation, ont, en outre, le dangereux inconvénient de ne pas faire apparaître l'arsenic sous une forme caractéristique.

La réduction par l'acide hypophosphoreux, dans les conditions où elle est appliquée ici, est, au contraire, spécifique de l'arsenic. De plus le dosage colorimétrique, au moyen d'un colorimètre de précision, en employant un mode opératoire spécial, destiné à réduire au minimum les erreurs systématiques inhérentes tant aux défauts de l'appareil qu'à ceux de l'éclairage, est susceptible, avec un peu d'habitude, et en prenant la moyenne de plusieurs observations, de donner une très grande approximation, eu égard aux teneurs dont il s'agit, de l'ordre de 3 pour 100, quand on opère sur des solutions (solution type et solution à titrer) d'une concentration voisine de 10^{-5}. Il suffit, pour cela, de comparer successivement à une même solution type, placée dans une des cellules du colorimètre et observée sous une épaisseur constante pendant toute la durée de l'expérience (jouant par conséquent le rôle de tare), la solution à titrer et la même solution type placées dans l'autre cellule de l'appareil. Cette opération, analogue à la double pesée dans la détermination des masses, élimine presque complètement les erreurs systématiques provenant des défauts précédemment indiqués.

C'est, d'ailleurs, au moyen de cette même méthode que nous avons dosé l'arsenic dégagé de l'appareil de Marsh à l'état d'arséniure d'hydrogène gazeux, en absorbant celui-ci par l'acide nitrique concentré, évaporant ensuite, en présence d'acide sulfurique, jusqu'à fumées blanches, et réduisant par l'acide hypophosphoreux la liqueur obtenue après addition d'eau.

Comme conséquence importante possible de l'erreur par défaut que comporte l'emploi de l'appareil de Marsh pour le dosage de l'arsenic dans l'étain, il y a lieu de se demander s'il ne faut pas voir dans cette erreur l'origine de la sévérité de l'ordonnance préfectorale du 31 décembre 1890, toujours en vigueur, relative à la tolérance de l'arsenic dans les étains fins.

Cette tolérance, qui est de 10^{-4}, ne nous paraît nullement, en effet, correspondre à la teneur présentée par les étains, même les plus purs, que l'on trouve dans le commerce. Les étains purs, en saumons à 2 millièmes d'impu-

retés, dont 1 millième de plomb au maximum, spéciaux au service de l'Artillerie, ne contiennent que très exceptionnellement des teneurs en arsenic de l'ordre de 10^{-4}. Les teneurs que l'on trouve généralement, déterminées par la méthode indiquée précédemment, sont de 2×10^{-4} à 5×10^{-4}.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'estimation du thiophène dans les benzènes industriels.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. Haller.

Les impuretés contenues dans les benzènes industriels peuvent, dans certaines fabrications, devenir excessivement nuisibles; il en est ainsi du thiophène en particulier. Nous avons observé, lors de la préparation du chlorobenzène par catalyse indirecte par la méthode de M. Auger (dissolution du chlore dans la benzine et séjour ultérieur de la solution saturée sur du fer en tournure), des accidents dus à la présence d'une quantité anormale de ce dérivé sulfuré dans les benzènes utilisés.

La catalyse, d'abord active au début lorsque la tournure est neuve, ne tarde pas à se ralentir, puis à devenir paresseuse et quelquefois s'arrêter complètement, au bout d'un temps parfois très court. En même temps, on constate que la tournure s'est recouverte d'un enduit noir, soluble dans l'eau, insoluble dans la benzine ou le chlorobenzène, lequel empêche l'action catalytique.

Nous avons recherché les causes de ce phénomène et observé que lors d'une bonne catalyse le benzène que l'on sépare par distillation du mélange benzène-chlorobenzène ne contient plus de thiophène. Ce composé forme en effet avec le chlorure ferrique présent au contact du fer un complexe insoluble, analogue à celui qu'il forme avec le chlorure d'aluminium; le thiophène se trouve ainsi éliminé comme dans le procédé dû à MM. Haller et Michel (1). Une expérience directe nous a confirmé le fait, et démontré le rôle nuisible du thiophène.

La nécessité du dosage préalable du thiophène dans les benzènes nous étant ainsi apparue, nous avons été conduit à modifier le procédé de Denigès (2), basé sur la précipitation du thiophène par le réactif

(1) Haller et Michel, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 15, 1896, p. 1065. Les mêmes auteurs avaient également observé la formation d'une combinaison brune et visqueuse du thiophène avec le chlorure ferrique anhydre.

(2) Denigès, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 15, 1896, p. 1064.

mercurique, en milieu méthylalcoolique, sous forme du composé

$$SO^4(HgO)^2.HgSC^4H^4.$$

La modification consiste à doser volumétriquement le mercure en excès par le sulfocyanure d'ammonium déci-normal, en se servant de l'alun ferrique comme indicateur, exactement comme dans la méthode de Charpentier dans le cas de l'argent.

Cette méthode s'est montrée d'une exactitude suffisante pour les usages de la pratique et nous avons pu la mettre à l'épreuve pendant plusieurs années. Elle ne nécessite l'emploi que d'une seule liqueur titrée, au lieu de deux, dont l'une (cyanure de potassium) est d'un emploi moins fréquent dans les laboratoires.

On prépare le réactif Denigès en dissolvant 50^g de HgO dans une solution de 200^{cm^3} d'acide sulfurique pur dans 1000^{cm^3} d'eau. On effectue la précipitation du thiophène en milieu méthylalcoolique, comme l'indique Denigès. Mais l'alcool méthylique pur à 99° du commerce renfermant toujours des traces d'acétone qui précipitent avec le sel mercurique, on procède à un essai témoin pour correction. On peut aussi remplacer l'alcool méthylique par l'alcool éthylique à 97°-99°, mais un dosage témoin est également nécessaire pour titrer le réactif Denigès, opération qu'on fera de temps à autre pour s'assurer de l'inaltérabilité de celui-ci.

Dans une fiole bouchée à l'émeri, on place 75^{cm^3} d'alcool méthylique, 20^{cm^3} de réactif Denigès et 5^{cm^3} de benzène à essayer. On prépare dans les mêmes conditions l'essai témoin, mais en utilisant 5^{cm^3} de benzine pure exempte de thiophène. On agite le mélange de temps en temps; le précipité se forme. On filtre au bout de 30 minutes, ou bien si l'on ne filtre pas, on agite pour rendre la solution homogène, et après dépôt du précipité, on prélève 10^{cm^3} de la solution claire pour le dosage. On ajoute 20^{cm^3} d'eau distillée, quelques gouttes d'acide nitrique exempt de vapeurs nitreuses et 1^{cm^3} environ d'alun ferrique ammoniacal à 20 pour 100. On verse ensuite, sans se préoccuper si la solution est louche ou se trouble, du sulfocyanure $\frac{N}{10}$ jusqu'à coloration rose persistante.

n et n' étant les nombres de centimètres cubes de sulfocyanure trouvés pour le témoin et pour le benzène à essayer $(n - n')$ correspond au mercure précipité par le thiophène. Or 1^{cm^3} de sulfocyanure décinormal correspondant à $0^g,01$ de Hg, d'après l'équation

$$HgSO^4 + 2CySAm = (CyS)^2Hg + SO^4Am^2,$$

la teneur en thiophène par litre s'exprimera donc par

$$0^g,01 \times 2000 \times (n - n') \times 0,14 = 2^g,8 \times (n - n'),$$

0,14 étant le facteur de transformation du mercure par rapport au thiophène précipité,

d'après la formule du composé mercurico-thiophénique. On néglige le volume du précipité.

Comme on le voit, il n'est pas nécessaire de préparer le réactif Denigès en pesant exactement l'oxyde de mercure, puisqu'on fait le titrage par différence.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Production de l'oxyde de carbone dans les flammes de différents gaz*. Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Haller.

La nécessité de remédier à la crise des combustibles devant avoir pour conséquence l'emploi de combustibles de remplacement, nous avons été amenés à étudier divers problèmes soulevés par cette substitution.

Le premier objectif que nous nous sommes proposé a été de comparer la proportion d'oxyde de carbone qui, dans les conditions de la pratique, se produit normalement lorsqu'on alimente les appareils de chauffage ou d'éclairage domestiques usuels avec des combustibles gazeux de compositions variées.

Tous nos essais ont été effectués dans une chambre close, d'une capacité voisine de 4^{m^3} (3800^l exactement). L'atmosphère était convenablement refroidie à l'aide d'un serpentin à circulation d'eau froide, de façon à éviter une élévation notable de la température de l'enceinte. Les différents appareils expérimentés étaient disposés au milieu de la chambre, dans les conditions même de leur emploi normal.

L'oxyde de carbone produit a été dosé dans l'air, en utilisant la méthode indiquée par Ogier et Kohn-Abrest [1]. Elle consiste, ainsi qu'on le sait, à déterminer le volume gazeux qu'il est nécessaire de faire barboter dans un volume connu de sang dilué pour provoquer l'apparition des bandes d'absorption spécifiques de la carbooxyhémoglobine. Cette méthode possède, pour la pratique, une exactitude suffisante; en outre elle présente l'avantage d'être absolument spécifique.

Nos expériences ont porté sur des temps relativement courts et, pour chacune d'elles, les volumes de gaz brûlés ont été inférieurs à 150^l. De cette façon, nous avons évité un changement appréciable de composition de l'air, susceptible de modifier les conditions de combustion normale, et en même temps nous avons réduit l'importance des pertes, impossibles à

---

(1) *Annales de Chimie analytique*, 1908, p. 169-218.

éviter totalement de la part d'une chambre non construite spécialement à cet effet.

Aussi tous nos résultats, sans avoir la prétention de présenter un degré d'exactitude hors de mise du reste pour des essais de ce genre, sont en tout cas absolument comparables entre eux.

Nous les avons résumés dans le Tableau suivant. L'oxyde de carbone produit y est exprimé en litres pour 100l de gaz brûlé. Nous appelons « flamme écrasée » celle obtenue en disposant l'appareil de chauffage, dans les conditions habituelles de la pratique, sous un récipient d'eau froide. C'est généralement après 1 heure de fonctionnement de l'appareil que le dosage de l'oxyde de carbone a été effectué.

Appareils.	I. Gaz de ville (8 pour 100 CO).	II. Gaz à 60 pour 100 de CO.	III. 1° Gaz synthétique sans CO.	IV. 2° Gaz synthétique sans CO.	V. Gaz à 25 pour 100 de CO.	Consommation horaire.
Bec Bunsen à flamme libre...	0,18	0,24	»	»	0,30	l 110
» » écrasée.	1,30	1,15	1,4	»	1,18	110
Fourneau à flamme libre....	0,27	»	»	»	»	120
» » écrasée..	2,06	2,04	»	»	»	120
Petit bec Auer............	0,74	1,41	1,56	1,22	0,61	50
Bec papillon..............	<0,15	0,3	»	»	<0,16	120
Gros bec Auer.............	0,74	»	»	»	»	110
» *sans manchon.*	0,17	»	»	»	0,21	110

Les gaz synthétiques n° III et n° IV furent constitués par les mélanges suivants :

	N° III.	N° IV.
Méthane...........................	25	50
Hydrogène.........................	50	50
Éthylène..........................	25	néant

L'examen des nombres de ce Tableau fait ressortir les points suivants :

1° La production de l'oxyde de carbone résulte principalement du refroidissement brusque de la flamme ;

2° Pour un appareil donné et une utilisation déterminée, la richesse en oxyde de carbone du gaz d'alimentation est sensiblement sans influence sur celle des produits de combustion ;

3° Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, le bec Auer produit de fortes quantités d'oxyde de carbone; il semble que cette production doive être attribuée à la présence du manchon ;

La production horaire de CO de certains appareils usuels est suffisam-

ment importante pour qu'il y ait lieu de se préoccuper d'améliorer leur régime de combustion.

D'autre part, à titre de comparaison, nous avons évalué quel pouvait être le coefficient de fuite moyen d'une conduite de ville. A cet effet, nous avons expérimenté sur une canalisation intérieure en assez mauvais état, possédant 11 robinets et 1 clé de barrage. La perte horaire globale a été trouvée de $2^l,5$ pour une pression du gaz de 24^{mm} d'eau (pression actuelle) et de $4^l,6$ pour une pression de 42^{mm}. Par conséquent, par robinet, cette perte ressort, en moyenne, à $0^l,22$. Avec un gaz présentant une teneur de 20 pour 100 en oxyde de carbone (gaz contenant environ $\frac{1}{3}$ de gaz à l'eau) la quantité horaire d'oxyde de carbone déversée dans l'atmosphère est donc de $0^l,04$. Elle est bien inférieure à celle qu'aurait produit, dans le même temps, un petit fourneau du genre de celui utilisé dans nos expériences ($2^l,5$), soit même un petit bec Auer ($0^l,35$).

De ces premiers essais, il y a donc lieu de retenir que le fonctionnement de certains appareils, d'emploi courant, alimentés au gaz, même totalement désoxycarboné, donne naissance à des quantités d'oxyde de carbone notablement supérieures à celles qui pourraient résulter des fuites d'une canalisation normale.

Cette constatation implique la nécessité d'étudier une amélioration des conditions de fonctionnement des divers appareils à gaz usuels en vue de réduire au minimum la proportion d'oxyde de carbone dans les produits de combustion. Ce résultat intéresse à la fois la protection de l'hygiène et l'augmentation calorifique des appareils en question.

GÉOLOGIE. — *Corrélations entre les terrasses quaternaires, les récurrences glaciaires et les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre.* Note de M. **Zeil**, présentée par M. Douvillé.

Le niveau de la mer partage actuellement la surface de l'écorce terrestre en deux parties distinctes : d'une part, le substratum continental et, d'autre part, le substratum marin. Celui-là l'emportant en altitude sur celui-ci, les agents atmosphériques et la gravité travaillent sans cesse à diminuer la dénivellation qui sépare leurs surfaces réciproques. Si la lithosphère était définitivement stable, du fait de cette diminution, nous verrions peu à peu le substratum continental *s'user, s'abaisser et se décharger* (érosion), et le substratum marin *se combler, s'élever et se surcharger* (alluvionnement). La lithosphère et même l'hydrosphère tendraient dans ce cas à la forme ellip-

soïdale. S'il en était ainsi, nous verrions actuellement la mer gagner sans cesse sur les continents, et sa périphérie abandonner sur ses rives successives des « fronts de mer », ou terrasses marines, *qui seraient d'autant plus élevées qu'elles seraient plus récentes*.

Or l'étude des terrasses quaternaires, qu'elles soient marines ou fluviales, montre *qu'elles sont d'autant plus élevées qu'elles sont plus anciennes*. Cette constatation impose donc l'instabilité de la lithosphère. D'autre part, l'étude de la nappe de remblaiement qui sépare deux terrasses consécutives impose à son tour une phase de stabilité, pendant laquelle le substratum marin se comble aux dépens du substratum continental. La succession chronologique nappe-terrasse correspond donc à la succession stabilité-instabilité.

Ceci admis, il était logique de rechercher si les variations de masse de la lithosphère provenant de l'érosion et de l'alluvionnement ne jouaient pas un rôle dans cette alternance de stabilité et d'instabilité de la lithosphère. Cette recherche nous a conduit à la solution suivante que la discussion des anomalies de la pesanteur viendra confirmer d'autre part.

Pendant la phase de remblaiement, le substratum marin se comble, s'élève et se surcharge peu à peu, alors que le substratum continental s'use, s'abaisse et se décharge. Avec l'apport des matériaux alluvionnaires, le volume marin se déplace, son niveau s'élève; *la mer déborde du vase qui la contient*. De ce fait, elle élève le niveau d'arrivée des fleuves, dont le courant diminue, et dont le lit se colmate plus ou moins d'alluvions fluviatiles qui formeront la nappe de remblaiement des auteurs. D'autre part, l'usure des hauts sommets continentaux et l'élévation du niveau marin, diminuant l'altitude géographique de ces sommets, nous verrons leur température moyenne augmenter, et les glaciers qui les recouvraient diminuer d'étendue ou même disparaître. C'est la phase interglaciaire des géologues.

Mais bientôt, la surcharge du substratum marin et la décharge du substratum continental l'emportant sur la cohésion tangentielle due à la sphéricité de l'écorce, nous verrons alors, plus ou moins brusquement, le substratum marin s'abaisser et le substratum continental s'élever. D'où les mouvements épirogéniques depuis longtemps signalés par les géographes et les géologues.

De ces mouvements ascensionnels antagonistes, il résulte que la mer, qui fait corps avec son support, va s'abaisser avec lui, en abandonnant sur les bords des continents soulevés des laisses de mer, ou terrasses marines, *dont l'altitude géographique nouvelle sera égale à la somme des deux ascensions antagonistes*.

Après ce rééquilibre, les fleuves soulevés par rapport au niveau marin

abaissé, vont présenter des *embouchures suspendues* et vont, sous forme de torrent, *surcreuser leur lit d'aval en amont;* peu à peu, ils s'enfonceront dans la nappe de remblaiement récemment déposée, et laisseront de part et d'autre de leur lit des résidus de nappes, ou terrasses fluviales, qui se raccorderont avec les terrasses marines abandonnées par la mer descendue. Enfin, les hauts sommets continentaux, surélevés par rapport au nouveau niveau marin, verront diminuer leur température moyenne et se couvriront plus ou moins de glaciers; c'est la phase d'extension glaciaire des géologues.

Avec l'achèvement du rééquilibre, ou mieux du réajustement, se produit *le maximum de rajeunissement du relief*, auquel succède immédiatement le début de la phase de stabilité suivante, ou mieux la phase de faux-équilibre. *C'est donc par une succession de réajustements séparés par des phases de faux-équilibre qu'évolue lentement l'écorce terrestre.*

Avec de nombreux auteurs, il faut admettre qu'actuellement le niveau marin s'élève et que la température moyenne de la terre augmente séculairement; c'est dire que la terre est en phase de faux-équilibre. C'est dire également que son substratum continental déchargé *ne pèse pas assez* par rapport à l'altitude qu'il possède, et qu'inversement son substratum marin *pèse trop*, par rapport à son altitude effective. Nous dirons que le premier est *sousimposé* et que le second est *surimposé*.

Cette manière de voir est confirmée par les mesures de la pesanteur qui ont été faites, tant sur mer que sur terre; on sait, en effet, que la gravité présente un excès sur les mers alors qu'elle est en défaut sur les continents. Dans un avenir prochain, quand le réajustement futur se produira, les géodésiens de l'avenir, si toutefois ils existent encore, constateront tant sur terre que sur mer l'uniformité de la gravité.

Quels que soient la nature et l'état dans lesquels se trouve la couche sous-jacente à la lithosphère, les divers voussoirs de celle-ci sont donc en équilibre ascensionnel par rapport au point géocentrique. Cet équilibre est tour à tour modifié et rétabli. Sa modification, *d'ordre externe*, est produite par les variations de poids des divers voussoirs, liées elles-mêmes à la dénivellation séparant deux voussoirs contigus, alors que son rétablissement, *d'ordre interne*, semble devoir obéir à la pression exercée par la couche sous-jacente à la lithosphère.

Cette façon de concevoir les variations de l'équilibre lithosphérique ouvre des horizons nouveaux sur de nombreuses questions à la fois géologiques et astrophysiques que nous comptons exposer et publier ultérieurement.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Crétacé et de l'Éocène inférieur et leur extension en Albanie moyenne et méridionale.* Note de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Douvillé.

Au cours de l'année 1919, je me suis efforcé de pousser le plus possible à l'Ouest l'exploration géologique de l'Albanie, que j'avais entreprise en 1917 et 1918, particulièrement dans la région jusqu'ici inconnue qui se trouve entre la plaine de Koritza et le massif du Tomor qui domine Berat.

Jusqu'au mois d'octobre dernier, je n'avais pu explorer que le côté Est de l'Ostrovica, portion la plus élevée des chaînes dinariques à l'est du Tomor. Au mois d'octobre, des circonstances favorables m'ont permis de parcourir la vallée de la Tomorica qui sépare le massif du Tomor de celui de l'Ostrovica, région d'un accès très difficile. Les couches les plus anciennes que j'ai reconnues appartiennent au Crétacé : ce sont des calcaires dolomitiques ou des marbres blancs, contenant quelques Rudistes. Les niveaux inférieurs paraissent représenter le Turonien, et les niveaux supérieurs le Maëstrichtien. Très rarement, ces calcaires deviennent marneux et contiennent alors en grande abondance, comme sur la route de Moschopole, des Rudistes et divers autres mollusques, *Actaeonella, Nerinea, Alectryonia.* Ce niveau me paraît représenter le Turonien. Le Crétacé est toujours très plissé et fournit rarement de bonnes coupes; la partie supérieure des plateaux crétacés est sculptée par l'érosion qui y forme des ponors, entonnoirs de dissolution, dolines; les pentes sont déchiquetées par des lapiez. Ces formes sont tout à fait analogues à celles du Karst. Le Crétacé forme une bande continue de direction NW-SE qui va de la Jablanica, sur la rive ouest du lac d'Okrida, par le Mali Sate entre les deux lacs, les montagnes entre Prespa et Kastoria, jusqu'à l'extrémité du V de la Vistrica en Macédoine. Les calcaires du pourtour du lac d'Ostrovo, et même ceux de Salonique, contiennent les mêmes Rudistes, offrent le même faciès et sont toujours plissés en direction NNW-SSE.

Dans toutes ces régions, ces calcaires sont toujours en contact à la base avec des serpentines contenant de l'olivine, résultant de l'altération de péridotites. Au contact des serpentines, les calcaires passent à des cornéennes rouges extrêmement dures, région des points d'eau et des gîtes minéraux du pays.

Plus à l'Ouest, soit dans la chaîne axiale qui va du Skumbi à l'Ossum, soit dans le massif du Tomor, les calcaires crétacés supportent une puissante

série de psammites verts et roses, à grains très fins, de grès très durs à cloisons de calcite, contenant des lits de jaspe et de silex.

Dans la partie supérieure des plus hautes montagnes : Ostrovica (de 2260^m à 2370^m), Bofnia (2000^m), Vrca sur la rive Est du bas Devoli, Gora Top au-dessus du haut Skumbi, ils sont surmontés de brèches composées de fragments anguleux de *Lithothamnium* et de très nombreux Foraminifères. M. H. Douvillé y a reconnu : *Operculina canalifera, Num. pustulosus, Num. Murchisoni-Heeri, Assilina granulosa, Alveolina* sp., *Flosculina* sp.

Cette faune, caractéristique de l'Eocène inférieur, est celle décrite par Stache, dans son Mémoire sur « Die Liburnische Stufe », comme constituant un terme de passage entre le Crétacé supérieur et l'Éocène; elle correspondrait à l'étage Lybique que Zittel a fait pour les couches inférieures à celles du Mokattam, en Égypte. Ces brèches supportent une puissante série de schistes à empreintes de Fucoïdes, qui sont traversés régulièrement tous les mètres par de minces lits d'un grès siliceux très dur; l'ensemble est analogue au macigno italien.

Sur ces schistes repose en discordance angulaire un conglomérat à *Natica Picteti, Cerithium Diaboli, Turritella imbricataria*, var., contenant une très riche faune de Polypiers et représentant les couches de Priabona. J'ai pu constater récemment que les couches nummulitiques de l'Ostrovica se continuent au-dessus d'Ersek, dans la partie la plus septentrionale de la chaîne du Pinde, et d'autre part dans la montagne qui domine Argyrokastro, et le long de la nouvelle route Argyrokastro-Valona.

L'existence du Crétacé et de l'Éocène, en Albanie moyenne et méridionale, n'avait pas encore été signalée; ces observations permettent, d'autre part, d'assigner un âge éocène au Flysch du Pinde, objet de discussions entre Philippson et Hilber, qui n'est que la continuation de celui d'Albanie.

GÉOLOGIE. — *Sur la reconstitution d'une longue dépression lacustre qui a occupé, durant l'Oligocène, l'emplacement du grand chenal houiller du Massif Central.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Les importants mouvements, qui, durant l'Oligocène, commencèrent la transformation du Plateau Central en Massif Central, furent provoqués par lee plissements et charriages alpins qui, d'après MM. Termier, Kilian, Boussac, etc., sont de cette époque.

Ils donnèrent naissance, dans une notable partie du Massif, à des cuvettes et à de longues dépressions synclinales dont les principales sont jalonnées aujourd'hui par les vallées de la Loire et de l'Allier.

J'ai signalé, à maintes reprises, l'existence d'une autre grande dépression située plus à l'Ouest que les précédentes, sur l'emplacement du chenal houiller, qui fut la dernière, dans cette direction, où les ondes alpines firent sentir leur influence. Des recherches récentes me permettent de préciser l'état de cette question, qui n'avait pas encore été envisagée.

La dépression précitée s'étendait sur l'ancien chenal, depuis Pontaumur (Puy-de-Dôme), Bort (Corrèze), Mauriac jusqu'à Miécaze (Cantal), près d'Aurillac et se reliait : d'une part, au Nord, avec la Limagne, vraisemblablement par Ébreuil (Allier), sur l'emplacement de la vallée de la Sioule ; d'autre part, avec celle qui couvrait les environs d'Aurillac et Mur-de-Barrez (Aveyron) et peut-être avec la cuvette de Maurs (Cantal). J'ai essayé de reconstituer ce territoire lacustre qui, sur près de 80 kilomètres, depuis Pontaumur jusqu'à Mauriac, se résout en une longue traînée morcelée de dépôts, dominés, à l'Ouest par les contreforts des Millevaches et leur prolongement méridional, à l'Est par les hauteurs granitiques de Prondines et les régions volcaniques des Monts Dore et du Cantal. Topographiquement, cette traînée de lambeaux oligocènes (1), de 8^{km} à 12^{km} de large, forme de *molles ondulations*, peu disséquées, drainées au Nord par le Sioulet et la Soule, au Sud par la Dordogne et ses affluents de droite : le Chavanon, le Dognon, le Lys, la Diège, etc. Lorsque les depôts oligocènes ont disparu entièrement, c'est un paysage aplani qui apparaît ; c'est la *pénéplaine antéoligocène* constituant une dépression NNE à grand rayon de courbure, dont l'axe était un peu à l'ouest de la dislocation houillère. Il est possible que les dépôts se soient étendus encore plus à l'Ouest, dans la direction d'Ussel, où ils seraient aujourd'hui complètement enlevés par l'érosion.

Le *réseau hydrographique* s'est *enfoncé au-dessous* de cette région sédimentaire, dans le substratum cristallin avec le collecteur commun la Dordogne, qui coule à plus de 200^{m} de la base de l'ancienne dépression.

Bien que le granite et l'archéen soient relativement imperméables et humides, l'Oligocène est encore plus argileux, plus humide, moins cultivé et boisé, et à faible densité humaine.

Au point de vue *géologique*, les lambeaux oligocènes sont presque tous

(1) Plusieurs lambeaux ont été figurés par M. de Launay, sur la feuille géologique *Ussel*.

situés à l'ouest de la traînée houillère, que culmine à l'Est une région archéogranitique surélevée, sur laquelle l'érosion pluviale, fluviale et glaciaire a exercé une action si énergique que l'Oligocène a presque entièrement disparu.

La base de cette formation est à 600^m à Sainte-Marie-la-Panouse, à 625^m sous la colline phonolitique de Bort, à 680^m vers Liginiac, à 750^m près de Thalamy, à 728^m à Eygurande, à 780^m à Herment et à Voingt, et redescend à 670^m à Puy-Saint-Gulmier.

Les dépôts du synclinal ont été *disloqués postérieurement* au Mio-Pliocène, ainsi qu'on l'observe à Bort et à Puy-Saint-Gulmier. Ils ont une *épaisseur* variable : de quelques mètres à 30^m quand ils ne sont pas protégés par un revêtement volcanique. Là où ce dernier existe, l'épaisseur de l'Oligocène dépasse 60^m à Bort et à Puy-Saint-Gulmier et elle a dû atteindre une centaine de mètres dans l'axe de l'ancienne dépression.

Leur *composition* est assez uniforme : ce sont des sédiments détritiques argilo-sableux, avec argile parfois dominante, gris, blancs ou ferrugineux, renfermant de nombreux blocs de quartz peu ou pas roulés, de taille variable. Des poudingues et des argiles ferrugineuses existent souvent à la base et, à Bort, ils renferment des rognons de calcaire en choux-fleur.

L'Oligocène recouvrait la bande de terrain houiller de Champagnac, où l'on ne trouve plus que de faibles témoins, se reliant à ceux de Mauriac, étudiés jadis par Rames et Fouqué, dans lesquels M. Boule a signalé des cristaux de gypse et à ceux d'Aurillac où les trois sous-étages de l'Oligocène sont représentés par des argiles sableuses, des marnes et des calcaires fossilifères.

En l'absence de fossiles, il est difficile de déterminer à quel niveau précis appartiennent les dépôts du synclinal, mais on peut affirmer qu'ils représentent les restes, sauf en de rares points (comme Sainte-Marie-la-Panouse) d'une vaste formation *lacustre oligocène* d'une superficie de plus de 1000^{km^2}.

Cette formation s'est accumulée, dans une grande partie de son étendue, sur l'ancienne zone du Massif Central, qui fut un *grand chenal houiller*, beaucoup plus large que les restes actuels ne l'indiquent, car il a été généralement plissé, disloqué au Permo-Trias, avec parfois de véritables plis couchés dans le Houiller et des veines éruptives dans le Dinantien et le Stéphanien.

Il y eut une *répétition affaiblie des mêmes phénomènes* durant le Tertiaire, sur *ce même territoire*, car le synclinal oligocène remblayé fut disloqué au

Mio-Pliocène, et redevint de nouveau en partie volcanique à la faveur de ces mouvements.

L'histoire de cette zone, qui joue un grand rôle au point de vue géologique et géographique dans le Massif Central, est donc particulièrement instructive.

GÉOLOGIE. — *Récurrences glaciaires postérieures au Néowürmien dans les massifs de l'Aiguille de Polset (Tarentaise), du Mont-Thabor et de l'Aiguille de Scolette (Maurienne).* Note [1] de M. **Ch. Pussenot**, transmise par M. Kilian.

L'exploration attentive des massifs de l'Aiguille de Polset, du Mont-Thabor et de l'Aiguille de Scolette, m'ont permis d'y reconnaître plusieurs formations glaciaires ainsi que les récurrences et les stades de retrait auxquels elles se rapportent.

La PREMIÈRE DE CES FORMATIONS, qui est aussi la plus ancienne, comprend de très nombreux et importants dépôts où la boue glaciaire domine et parmi lesquelles il convient de citer, en Maurienne :

A Beaune (vallée des Encombres), un remarquable complexe glaciaire ;

Au-dessus de Bramans, *sur la rive gauche* du torrent d'Ambin, des moraines à galets striés ;

Sur le versant gauche de la vallée de l'Arc, à Solliet, à la Repose, etc., d'énormes terrasses étagées, d'origine glaciaire, au nombre de trois au plus ;

En *aval* du Charmaix, des boues à galets égalements striés ;

A *l'entrée* de la vallée de Valmeinier, une *cuvette terminale*, et sur chacun des versants, des placages glaciaires étendus, prolongés à l'amont par des lobes morainiques quelquefois étagés auxquels succèdent, vers Notre-Dame des Neiges, les moraines de fond du bassin d'alimentation du glacier principal ;

Près de Saint-Martin-d'Arc, une très importante *moraine terminale édifiée sur le bord de la rivière par un glacier qui occupait la dépression voisine*, attestant par sa régularité et par sa position qu'elle a été formée à un moment où *la vallée était libre de glaces* et, par la raideur de son talus extérieur (en avant duquel on ne découvre ni amas ni bourrelet morainiques) qu'elle résulte d'une *poussée glaciaire* plutôt que d'un *stade de retrait.*

En Tarentaise :

A Brides-les-Bains, un *complexe* dû aux apports de deux glaciers dont l'un occupait les pentes septentrionales du Rocher de la Loze et l'autre la vallée des Allues ;

---

(1) Séance du 8 décembre 1919.

Dans cette même vallée, comblant la partie inférieure des dépressions qui accidentent les versants, des *amas* étagés qui représentent les moraines terminales des glaciers ayant séjourné dans ces dépressions, et celles de leurs stades de retrait;

Près de Bozel, à La Chenal, *la cuvette terminale* d'un glacier qui descendait du Mont Jovet;

Entre Bozel et Le Villard de Pralognan, sur la rive droite du Doron, une *moraine* partiellement détruite, édifiée par un glacier qui cheminait sur la pente septentrionale de la Dent du Villard et franchissait le torrent. Elle montre par sa *position* qu'elle est l'œuvre d'une récurrence de ce glacier, survenue à un moment où la vallée du Doron n'était *pas encombrée* par les glaces.

L'examen de ces dépôts fait ressortir :

1° Que la formation est due à une *récurrence*, suivie d'un retrait comportant deux ou trois stades;

2° Que cette récurrence a atteint le *fond des vallées* du Doron et de l'Arc sur quelques points seulement;

3° Qu'au moment où elle s'est produite, les vallées précédentes étaient libres de glace. C'est donc plus à l'amont qu'il faut chercher les *moraines terminales de leur glacier*. Le niveau moyen des moraines de l'entrée des vallées indique pour la première Pralognan et pour la seconde Sollières, c'est-à-dire que la formation correspond au stade de Termignon de MM. Kilian et Révil [1] et probablement au stade de Gschnitz de MM. Penck et Brückner.

La DEUXIÈME FORMATION est constituée par des dépôts dans lesquels les blocs l'emportent sur la boue. Cette composition lui donne un aspect particulier qui attire l'attention.

Dans la vallée des Allues, à Chandon, dans celle de Valmeinier, aux Vallons, dans celle de l'Arc, à la Repose, à Solliet, ces dépôts surmontent les amas morainiques de la *première formation;* dans le massif de l'Aiguille de Scolette, à Bramanette, au col Pelouze, ils constituent un énorme bourrelet au bas du versant le moins abrupt; dans le massif de l'Aiguille de Polset, au Rocher de la Loze, à Péclet, au Bouchet, près des chalets de Polset, etc., et dans le massif du Mont-Thabor, au Lavoir, aux Marches, aux Barmettes, ils se présentent sous la forme de moraines en *vallum*, individualisées jusqu'aux flancs des dépressions qui ont encaissé ou qui encaissent encore des glaciers, se montrent comme *posées* sur les moraines de fond et les rochers polis des bassins d'alimentation glaciaires de la formation précédente et apparaissant aux regards comme de gigantesques guirlandes qui ornementent le pourtour

---

[1] Pour ce stade et les suivants des mêmes auteurs, voir *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 30.

des hautes chaînes; enfin, près des chalets du Fruit, aux Vallons (Valmeinier), aux Mottes, édifiés par des glaciers qui descendaient des versants, ils barrent des vallées dont le fond a été incontestablement raboté par les glaces.

Cette formation doit donc être regardée comme le résultat d'une *récurrence*. On la retrouve dans le Briançonnais. D'autre part, l'altitude moyenne des cuvettes terminales est de 2000^{m}. Elle se place par conséquent au niveau du stade du Plateau de Brandes (Grandes-Rousses) de M. Jacob (1) et du stade de la Magdeleine et de Bessans de MM. Kilian et Révil auquel elle correspond d'ailleurs par sa position relative et qui est lui-même probablement l'équivalent du stade de Daun de MM. Penck et Brückner.

La TROISIÈME FORMATION est représentée par des moraines composées uniquement de pierraille et de blocs.

Dans la vallée de Valmeinier, du Mont-Thabor, à Péclet, au Bouchet, ces moraines sont encadrées par celles de la formation précédente. Elles les recouvrent nettement au col de la Loze et près des chalets Borgin (Allues), au mont Brequin, près du lac de la Partie, aux Mottes. Cette *superposition* apparaît comme la conséquence d'une *récurrence glaciaire*. Enfin, on les trouve rarement au-dessous de 2400^{m}.

En raison de leur élévation et de leur position relative, il convient de les ranger au niveau de celles du stade des Petites-Rousses de M. Jacob.

Dans la QUATRIÈME FORMATION, mentionnée simplement ici pour mémoire, entrent les moraines édifiées actuellement.

Leurs éléments avancés correspondent peut-être au *stade du Glacier des Rousses* de M. Jacob.

Deux conclusions sont à tirer de cette étude : la première est que cette *succession de formations glaciaires*, reconnue sur une étendue aussi considérable et déjà partiellement distinguée dans la haute vallée de l'Arc par M. Kilian et dans le Massif des Grandes-Rousses par M. Jacob, doit se retrouver dans toutes les autres régions des Alpes de la Savoie et du Dauphiné; la seconde que, postérieurement au Néowürmien et même au stade de Chamousset (Kilian) (probablement stade de Bühl de MM. Penck et Brückner), et antérieurement à l'extension actuelle des glaciers (quatrième formation ci-dessus), il y a eu *trois récurrences*. Rapprochées de celles qui leur sont antérieures, elles montrent que le retrait des glaciers, après leur plus

---

(1) Pour ce stade et les suivants du même auteur, *voir* Ministère de l'Agriculture, *Études glaciologiques. Massif des Grandes-Rousses*, 1909.

grande extension, ne s'est pas effectué par étapes successives, comme on pourrait le croire, mais qu'il a été marqué par de véritables *retours offensifs* (récurrences) d'amplitude décroissante.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des tufs à ossements humains du Villard de Bozel (Savoie).* Note (¹) de MM. **W. Kilian** et **Ch. Pussenot.**

L'un de nous a signalé en 1908 (²) la présence près du Villard de Bozel (Savoie), au lieu dit la « Côte », de tufs dans lesquels il a été découvert en 1908 un crâne humain de type archaïque qui a fait l'objet d'une étude complète de M. Müller et du regretté Dʳ Bordier (³). M. Müller a publié d'ailleurs une étude intéressante du gisement. Des explorations détaillées nous permettent aujourd'hui de préciser l'âge de ces intéressants dépôts par rapport aux dernières *récurrences* des glaciers alpins.

Non loin du Villard de Bozel, une carrière a été ouverte dans des tufs calcaires dans lesquels ont été rencontrés une petite faunule malacologique, des ossements de cerf, un crâne humain et des débris végétaux. L'intérêt qu'il y a à fixer exactement l'âge de ces curieux dépôts est considérable en raison des restes humains qu'ils renferment.

Une étude attentive des lieux nous permet de donner sur ce gisement les indications suivantes :

Les tufs du Villard de Bozel occupent l'ancien thalweg d'un torrent, affluent de droite du Doron de Champagny et creusé, à côté de ce dernier et près de son confluent avec le Doron de Bozel, dans les grès permo-houillers. Cette gorge est d'ailleurs parallèle au tronçon inférieur du Doron de Champagny.

Le torrent, devenu très insignifiant, existe encore actuellement et forme une petite cascade dans la carrière de tufs. L'examen de cette carrière permet de constater *sous* les tufs et au contact des grès houillers l'existence d'une mince couche de cailloutis (quartzites du Trias, schistes permiens, etc.), probablement torrentiels (nous n'avons pu y découvrir aucun caillou nettement strié qui puisse permettre d'affirmer leur origine glaciaire).

Les tufs eux-mêmes, en assises épaisses, contiennent des restes de végétaux et çà et là des fragments de bois carbonisés paraissant provenir d'*anciens foyers*. Par places, la structure concrétionnée et vacuolaire de la roche est très nette.

La formation tuffacée est recouverte d'une mince couche de cailloutis qui ne paraissent pas être d'origine glaciaire.

(¹) Séance du 8 décembre 1919.

(²) *Association française pour l'Avancement des Sciences*, 38ᵉ Session. Lille 1909, p. 808 (dans un Mémoire de M. Müller).

(³) *Ibid.* Voir aussi *Bulletin de la Société dauphinoise d'Ethnologie,* Grenoble.

L'*âge* de ces tufs — dont la faunule malacologique, étudiée par M. Coutagne, ne donne, bien qu'elle soit légèrement différente de la faunule actuelle de Bozel, aucune indication concluante — peut être néanmoins établi, grâce aux considérations suivantes :

1° Les tufs du Villard sont *nécessairement* postérieurs au creusement du petit thalweg torrentiel dont ils représentent le remplissage, et qui a été, par suite d'un phénomène d'épigénie, remplacé depuis par le tronçon inférieur du doron de Champagny, près de son confluent avec le doron de Bozel.

2° L'examen attentif de ce petit thalweg montre en outre très nettement qu'il résulte lui-même d'une érosion *postérieure au dernier creusement* de la vallée principale (doron de Bozel, gorges de Ballandaz), avec le fond de laquelle il se raccorde parfaitement et de plain-pied (hameau du Villard).

3° Le dernier creusement de la vallée principale date lui-même d'une des dernières avancées glaciaires (stade de Gschnitz) ou d'une phase interstadiaire immédiatement antérieure à cette dernière, et en tous cas *bien postérieure au maximum de la glaciation würmienne.*

4° Or les tufs du Villard, postérieurs à ce dernier creusement de la vallée principale et même à la formation des thalwegs postérieurs à ce surcreusement, ne peuvent correspondre qu'à une époque où les moraines frontales ne pouvaient stationner qu'à Pralognan ou plus à l'Est encore, et en tous cas *en amont* des gorges de Ballandaz.

La petite gorge, maintenant remplie de tufs, ayant en effet nettement *entamé* la paroi rocheuse due au *dernier creusement* de la vallée du Doron, creusement qui a produit les gorges de Ballandaz, ainsi que l'ancienne « auge » glaciaire antérieure ellemême au creusement de ces gorges, ne *peut être* que plus récente que l'un des derniers stades de la dernière glaciation ; les restes humains contenus dans ces tufs appartiennent donc *à la fin de la période quaternaire*, c'est-à-dire à une époque beaucoup plus récente que celle qui correspond au Moustiérien, d'après la majorité des auteurs, et même au *Solutréen* et au Magdalénien d'après certains d'entre eux.

Les considérations suivantes, résultant d'une nouvelle et récente visite des lieux, permettent de préciser encore la date de formation des tufs du Villard.

La petite gorge actuellement comblée par les tufs et nécessairement antérieure à ces derniers est *postérieure* à une récurrence glaciaire dont les moraines atteignent la vallée du Doron de Bozel en aval et ont laissé une série de replats ou « banquettes » glaciaires suspendues au-dessus du thalweg

actuel dans la vallée de Champagny et notamment près de l'église de ce village.

A ce moment, cette gorge recevait des eaux abondantes issues du massif calcaire et gypseux du Mont de la Guerre et de la Grande Forclaz.

A partir de l'époque d'une *nouvelle récurrence glaciaire*, *plus récente encore*, et dont les vallums morainiques, très nettement caractérisés, supportent la partie nord-est du village de Champagny, l'écoulement des eaux s'effectua presque exclusivement par la gorge actuelle du Doron et le tronçon de vallée rempli de tufs resta isolé et ne recevant plus qu'un ruisseau insignifiant qui subsiste encore et sort du pied des moraines récentes sus-mentionnées.

On voit ainsi *que la topographie actuelle,* déterminée par la dernière « poussée » glaciaire, *est incompatible avec les conditions de formation des tufs;* cette dernière ne peut être expliquée que par un état de choses qui correspond à l'*avant-dernière récurrence glaciaire*, et dont les restes manifestes ont été conservés dans la morphologie de la région.

Les deux *récurrences* glaciaires dites [aussi « post-glaciaires », car elles sont postérieures non seulement aux glaciations würmienne et *néowürmienne,* mais aussi au stade de retrait probablement contemporain du dernier surcreuseument de la vallée principale (Doron de Bozel)], dans l'*intervalle desquelles se place la formation des tufs* du Villard de Bozel à ossements humains et bois de Cerf ([1]) ne sont d'ailleurs pas de simples « stades de retrait » mais de véritables retours *offensifs* des appareils glaciaires; elles sont elles-mêmes, ainsi que l'a montré M. Ch. Pussenot ([2]), postérieures à la glaciation néowürmienne (W. Kilian) et même au « Stade de Bühl » de M. Penck. La dernière d'entre elles correspond sans doute à la « deuxième formation glaciaire » de M. Pussenot et au « stade de Bessans » (vallée de l'Arc) ([3]) (*Stade de Daun*, de Penck); elles ont pu être reconnues dans la plupart des massifs de nos Alpes françaises. Les faits que nous venons d'indiquer montrent en outre que l'une d'elles au moins remonte à une époque que l'existence dans nos Alpes du Cerf et la *persistance* d'un type anthropologique archaïque rappelant les crânes paléolithiques rend particulièrement intéressante.

([1]) Le cerf n'existe plus dans la région. Voir aussi *La faune malacologique des tufs de Bozel* (*Association française pour l'Avancement des Sciences, loc. cit.*).

([2]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1413, (décembre).

([3]) Kilian et Révil, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 30.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la vitesse du vent dans la stratosphère.* Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note récente (1), j'ai donné les vitesses moyennes du vent à des altitudes allant de 500^m à 19000^m déduites de 198 ascensions de ballons-sondes ayant dépassé 10000^m, comprises pour la plupart dans les publications de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique. Ces vitesses présentent un maximum très net ($15^m,57$ par seconde) correspondant à une altitude d'environ 11000^m, c'est-à-dire approximativement à la limite de la stratosphère.

J'ai fait remarquer, naturellement, que les déterminations utilisées correspondent à des conditions assez spéciales, celles qui permettent de suivre un sondage jusqu'à ces grandes hauteurs.

M. Rouch m'a fait observer qu'il y aurait intérêt à dresser un tableau analogue des vitesses moyennes portant seulement sur des sondages ayant dépassé nettement la limite de la stratosphère, par exemple ayant été suivis jusqu'au-dessus de 15000^m. Un tel tableau portera sur des types de temps encore plus spéciaux que ceux correspondant au tableau que j'avais établi, et ainsi plus comparables. J'ai dressé ce tableau en prenant, parmi les 198 ascensions que j'avais utilisées, les 55 ayant dépassé 15000^m (2). Voici les moyennes des valeurs de la vitesse du vent aux différentes altitudes :

ltitude (mètres)..........	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
itesses moyennes (m : sec).	5,20	6,01	6,63	7,40	8,18	9,04	9,57	10,65	11,53	12,71
ltitude (mètres)..........	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000
itesses moyennes (m : sec).	14,02	14,55	13,17	12,13	10,88	10,05	9,44	9,36	8,12	8,04

Ce tableau donne bien, comme celui que j'avais d'abord dressé, un maximum de la moyenne des vitesses pour une altitude d'environ 11000^m, *c'est-à-dire voisine de la limite de la stratosphère;* les valeurs sont un peu plus faibles que celles du premier, ce qui s'explique facilement : le second tableau concerne seulement celles des ascensions qu'on a pu suivre jusqu'aux altitudes les plus grandes; cette observation prolongée a été généralement

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 79.

(2) Dans la Note citée, une faute d'impression a fait donner 75 au lieu du chiffre exact 55 pour le nombre des déterminations correspondant à 15000^m.

rendue possible par un écart latéral plus faible du ballon-sonde, c'est-à-dire par une vitesse moindre du vent.

MÉTÉOROLOGIE. — *Remarques sur les chutes de neige.*
Note de MM. **Stapfer** et **Moleski**, présentée par M. J. Violle.

Les chutes de neige du mois de novembre dernier nous ont apporté une confirmation de certaines remarques que nous avions faites depuis plusieurs hivers, au sujet des situations atmosphériques qui provoquent ces précipitations.

Rappelons tout d'abord que l'action du vent sur la température, l'humidité, la nébulosité, les précipitations en un point déterminé, dépend moins de la direction du vent observée en un point, que du parcours effectué par les courants aériens avant d'atteindre ce point. Par exemple, lorsque les vents sont animés d'un mouvement tourbillonnaire autour d'un minimum barométrique, des masses d'air, arrivant de la zone glaciale du Nord, peuvent, en l'espace de quelques centaines de kilomètres, former un vent de Sud, avant d'avoir pu se réchauffer et perdre la neige dont elles étaient chargées.

C'est ainsi que, le 3 novembre, nous avons eu à Paris une neige abondante et une température basse (moyenne $0^{\circ},3$) par vent de S, tandis que le 5 on observait de la pluie et une température beaucoup plus élevée (moyenne $6^{\circ},3$) par vent de NE. L'examen des cartes isobariques suffit pour expliquer cette anomalie apparente : celle du 3 novembre, à 18^{h}, montre que le vent de S est formé par de l'air qui vient de tourner autour d'un léger minimum secondaire situé sur la Manche, mais qui provient du maximum barométrique de Sibérie; le 5, au contraire, un centre de dépression se trouvant sur le Golfe de Gascogne, l'air constituant notre vent NE arrive en réalité de la Méditerranée.

Ceci posé, les situations atmosphériques favorables aux chutes de neige peuvent, pour la plupart, être classées en deux catégories :

1° *Cas où la neige arrive toute formée des régions froides.* — Ce sont les cas où la circulation atmosphérique nous apporte des masses d'air des régions éloignées du Nord ou du Nord-Est. Certaines situations de ce genre ont été visées par M. Plumandon, qui a déjà signalé comme favorable aux chutes de neige les situations correspondant à un réseau d'isobares sensiblement parallèles aux méridiens.

Cette remarque nous permet d'employer une expression plus générale, en rangeant dans cette catégorie toutes les situations pour lesquelles la présence de fortes pressions au Nord-Ouest (vers l'Islande) et de faibles pressions au Sud-Est (Italie) amène sur la France des masses d'air provenant des régions arctiques.

Un exemple très net de situation atmosphérique de ce genre s'est présenté le 2 novembre, première journée de neige à Paris.

2° *Cas où la neige se forme dans nos régions.* — Ce sont les cas où les courants des différentes hauteurs, provenant de régions très différentes, amènent au contact l'une de l'autre des couches d'air humides de l'Ouest ou du Sud, et des couches froides du Nord ou de l'Est.

Quand nous parlons de couches froides, il est bien entendu que c'est par comparaison avec les couches de même hauteur d'une autre région. Étant donné que la température diminue en général jusqu'à une certaine hauteur, considérons une couche A plus chaude que la couche B située au-dessus d'elle. Elle se refroidira si elle vient au contact d'une autre couche B′ de même altitude que B et plus froide que B. Ces variations de température provoqueront d'ailleurs des mouvements verticaux, qui, en déterminant le mélange des couches d'air considérées, faciliteront le refroidissement de la vapeur d'eau et par suite la formation de la neige.

Un tel phénomène peut se produire notamment pendant la période de transition entre deux régimes barométriques. Lorsque le vent échappe à l'influence d'un minimum qui s'éloigne, pour obéir à l'action d'une dépression qui s'approche, on sait que la rotation ne s'opère pas simultanément à toutes les hauteurs (¹), ce qui permet la réalisation des conditions ci-dessus énoncées. Elles peuvent encore se produire lorsque, tout en étant régis par une même dépression, les courants supérieurs, qui sont centrifuges par rapport à cette dépression, et les courants inférieurs, qui ont une composante centripète, amènent les uns de l'air froid, les autres de l'air humide.

C'est ainsi que le 14 novembre à 9^h, alors qu'une dépression envahit le sud-ouest de l'Europe et provoque à Paris un vent ENE amenant de l'air sec et froid de l'Europe centrale, on observe à Montsouris des alto-stratus de WSW, s'éloignant du centre de dépression. A ce moment, il neige

(¹) On admet généralement qu'elle commence par les couches supérieures et se propage vers le bas. Des recherches que nous poursuivons actuellement nous ont montré que cette règle simple ne se vérifie pas dans tous les cas.

dans le Sud-Ouest et le Centre. La chute de neige se propage vers le Nord-Est, comme la dépression elle-même. Elle commence à Paris à 13^h et continue le lendemain.

Mais à mesure que la dépression s'éloigne vers l'Est, on se trouve peu à peu en présence d'une situation appartenant à la première catégorie énoncée. Le 16, à 7^h, par exemple, la carte isobarique montre que les vents inférieurs proviennent de la région de l'Islande, et que les vents supérieurs paraissent venir du nord de la Russie. La neige qui tombe encore sur le nord de la France arrive donc toute formée, comme dans les cas précédemment étudiés.

D'ailleurs ces premiers cas, qui correspondent à des régimes de vents bien établis, peuvent seuls donner des périodes prolongées de neige. Les seconds, qui correspondent à des périodes de transition, occasionnent des précipitations de moindre durée. L'interprétation que nous en indiquons pourra ultérieurement être vérifiée, lorsque nous disposerons d'une documentation suffisante, résultant de nombreux sondages aérologiques effectués, autant que possible au moment des changements de régime.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la casse bleue des vins.*
Note de M. **Pierre Carles**.

Dans la séance du 7 décembre 1919, M. Piedallu a communiqué une étude sur les vins ayant voyagé dans des wagons-foudres en tôle de fer, vins atteints de la casse connue sous le nom de *casse ferrique*.

Cette casse est connue depuis longtemps déjà; elle a été notamment étudiée en 1900 par MM. Lagatu. L. Roos et Bouffard de Montpellier. Ces auteurs l'ont différenciée de la casse brune des vins rouges, dite *casse diastasique*.

M. Piedallu écrit : « Pratiquement, pour empêcher les vins riches en fer de casser, il suffit de les maintenir en milieu réducteur, en les soutirant simplement dans des fûts bien méchés. Mais il est toujours préférable d'éviter de se servir des récipients en fer non protégé pour manipuler ou conserver les vins. » La connaissance de différents auteurs, ceux déjà nommés et des vulgarisateurs très nombreux, conduit à une autre conclusion.

La casse ferrique ne se combat pas avec l'anhydride sulfureux et si l'on pouvait maintenir, par l'anhydride sulfureux ou tout autre gaz, les vins à

l'abri de l'air, le résultat pratique ne serait pas acquis, puisque tout vin, pour aller à la consommation, doit être manipulé et doit fatalement se trouver en contact avec l'oxygène.

Le traitement réel de cette casse consiste dans l'addition au vin d'un acide organique tel que l'acide tartrique ou l'acide citrique; ce dernier le plus généralement employé. Cet acide engage le fer dans une combinaison sur laquelle le tannin et, par conséquent, les matières colorantes, ont peu d'action. Les quantités d'acide tartrique ou citrique sont variables, suivant l'intensité du mal et l'on procède, pour cela, à un essai préalable en commençant par exemple avec l'acide tartrique à 50g par hectolitre et en augmentant progressivement jusqu'à 150g ou 200g si c'est nécessaire dans certains vins, qui, comme le Jacquez, sont des matières premières. L'acide citrique s'emploie à quantité moindre, puisqu'il a plus d'action que l'acide tartrique.

L'action de l'anhydride sulfureux pour arrêter la casse ferrique est de nul effet au point de vue pratique. Le fait fut d'abord constaté par Bouffard, professeur d'Œnologie à l'École nationale d'Agriculture de Montpellier qui, le premier, a étudié les casses et préconisé l'anhydride sulfureux contre la casse brune ou diastasique.

BIOLOGIE. — *Biologie d'une nouvelle espèce d'Euglène* (Euglena limosa *nov. spec.*). Note de M. **Médéric Gard**, présentée par M. Guignard.

I. Depuis plus d'un an, j'observe aux environs de Bordeaux, sur les vases périodiquement recouvertes par le flux, une *Euglène* qui vit en nombre si considérable d'individus qu'à certains moments de la journée la surface de cette vase, à marée basse, devient entièrement verte sur des étendues plus ou moins vastes, en toutes saisons, mais surtout au printemps.

Elle a, en moyenne, 150μ de long sur 25μ de large; ses dimensions sont d'ailleurs très constantes. Sa forme normale est allongée, cylindrique, arrondie à l'extrémité postérieure, amincie obliquement à l'avant, toujours sans flagellum et pourvue d'un point oculiforme développé et curviligne. Elle offre, le plus souvent, dans la région postérieure du corps, des granulations rougeâtres, dispersées ou réunies en une sorte de stigma, d'un rouge brun, moins distinct que celui de la partie antérieure. Ces granulations peuvent devenir assez nombreuses dans toute la cellule, les unes isolées, d'autres disposées en amas, et cela en particulier sous l'influence de conditions de vie

lentement défavorables. Elle est à peu près entièrement verte, sauf dans la région antérieure, et il existe deux zones plus claires : l'une correspondant à la vacuole principale, l'autre au noyau. L'appareil chlorophyllien, très développé, est formé d'un seul chloroplaste, disposé en un réseau serré et irrégulier avec de nombreux pyrénoïdes tuniqués (1). La chlorophylle y est, d'ailleurs, concentrée le long de certaines bandes reliant ces derniers. Les grains de paramylon ont des formes et des dimensions variables; le plus souvent, ce sont de courts bâtonnets ou des corps globuleux. Enfin le noyau est volumineux, en général allongé, parfois arrondi et pourvu d'un gros nucléole.

Elle exécute chaque jour un double mouvement. Une heure environ après le lever du soleil, elle se répand à la surface de la vase, si la marée est basse, et, dans les endroits où les individus sont très nombreux et serrés, prend l'*état palmelloïde*, comparable à un parenchyme assimilateur formé, en coupe, d'éléments polygonaux avec région centrale claire et chlorophylle périphérique. A mesure que l'intensité lumineuse croît, la verdeur de la vase croît aussi, car de nouvelles Euglènes peuvent s'ajouter aux premières et former plusieurs couches superposées. Dans cet état, on ne remarque aucun mouvement interne; la membrane apparaît finement striée, et les individus sont plongés dans un mucus gélatineux peu abondant et sécrété par eux. Il se forme aussi entre eux des filaments segmentés, constituant une sorte de coque, et qui prennent fortement le bleu de méthylène. Ces filaments se rompent facilement.

Lorsque la marée monte, chaque Euglène, reprenant sa forme et ses mouvements, descend dans la vase, en rampant, à une profondeur variable, qui ne dépasse guère 12^{mm}. Comme l'heure de la marée varie chaque jour, la photosynthèse a lieu tantôt le matin, tantôt l'après-midi et même deux fois par jour. L'algue disparaît aussi dans la vase : 1° à l'approche de la nuit ou lorsqu'on la place dans l'obscurité; 2° s'il se met à pleuvoir ou si l'on provoque sur elle une pluie artificielle. Elle ne sort donc pas quand il pleut et ne se montre alors que dans les endroits protégés : bords des rigoles, sous les passerelles, sous les flancs des bateaux échoués sur la vase. Elle vit, d'ailleurs, dans les lieux abrités où, la vase épaisse et régulièrement humectée, mais non affouillée par le flot, est protégée par des pontons, vieux bateaux, gabares abandonnées, et remplis eux-mêmes de boues à Euglènes.

Par ses caractères histologiques, notamment son réseau chlorophyllien et ses nombreux pyrenoïdes tuniqués, par son mode de vie si particulier, elle est bien distincte de toutes les espèces actuellement connues (2). Je propose de la nommer *Euglena limosa*. Elle constitue, pour l'étude de la biologie cellulaire, un objet d'observation aussi abondant que facile à se procurer en toute saison et que l'on peut cultiver au laboratoire.

Je n'ai pas encore pu observer la division.

II. Rose Bracher a publié (3) cette année un travail intéressant, dont je

(1) En utilisant les méthodes de fixation et de coloration habituelles.

(2) P.-A. Dangeard, *Recherches sur les Eugléniens* (*Le Botaniste*, 8e série, 1902).

(3) Rose Bracher, *Observations on Englena deses* (*Annals of Botany*, vol. 33, 1919, n° 129).

n'ai eu connaissance que récemment, sur une Euglène qui vit dans les vases de l'Avon, et qui, d'après les croquis de l'auteur et le mode de vie, paraît bien identique à celle des vases de la Garonne. Elle a surtout étudié l'action de la température, de la lumière et de l'oxygène et elle l'identifie à l'*Euglena deses* Ehrenberg.

Je crois que cette opinion ne peut être admise. Il n'y a de commun entre les deux Euglènes que la manière de se déplacer : toutes deux rampent, mais l'*Euglena deses* possède des chloroplastes disciformes nettement séparés où les pyrénoïdes sont absents ou peu différenciés et sans tunique de paramylon. D'ailleurs, il m'est arrivé de les trouver, vivant ensemble et avec d'autres espèces d'Euglènes, des *Phacus*, etc., sur les bords des fossés ou ruisseaux vaseux, affluents de la Garonne et où la marée se fait plus ou moins sentir. L'*Euglena deses* a des chloroplastes beaucoup plus verts, tandis que l'autre a une teinte générale vert jaunâtre. En cultures, elles restent bien distinctes. Enfin, l'Euglène des vases ne peut vivre indéfiniment dans l'eau, alors que c'est le milieu normal de l'*Euglena deses*. Rose Bracher dit que la première y meurt au bout d'un jour; j'en ai cependant conservé plus d'un mois dans ce liquide, mais dépérissant peu à peu et prenant, pour la plupart, en perdant tout mouvement, des formes irrégulières, mais le plus souvent ovoïdes. Elle vit même assez longtemps dans une solution étendue de bleu de méthylène qui colore fortement la partie antérieure, le vestibule, le canal efférent dont la situation est tout à fait latérale, et même la vacuole principale qui alors devient énorme.

Elle dépérit lorsqu'on laisse se dessécher la vase qui la contient et il ne paraît pas se former de kystes.

Au laboratoire, ses mouvements réguliers de montée et de descente semblent exclusivement phototropiques et sont indépendants de l'heure de la marée. L'Euglène se montre sur la vase une heure environ après le lever du soleil, dès le lendemain de la récolte, même si à ce moment-là la marée est haute et elle disparaît vers 13^h en cette saison devant une fenêtre exposée au Midi; mais l'heure de la disparition peut varier avec les conditions d'éclairement. Rose Bracher constate, par contre, qu'elle obéit pendant trois jours aux oscillations de la marée.

J'ai dit plus haut que ses dimensions sont très constantes. Toutefois, j'ai observé parfois des individus beaucoup plus petits et plus jeunes, mêlés en petit nombre aux autres et dont l'origine n'a pu encore être suivie.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Variation saisonnière dans la composition chimique des Algues marines.* Note (¹) de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. Yves Delage.

En poursuivant, sur les algues marines considérées au point de vue alimentaire, les études dont m'a chargé la Direction des Inventions (²), j'ai constaté une variation saisonnière considérable, qui affecte la valeur de ces végétaux comme matière première à plusieurs points de vue.

On a dosé jusqu'ici principalement les matières minérales; or les diverses analyses montrent d'énormes discordances sur lesquelles M. Sauvageau a récemment appelé l'attention (³). Cet éminent algologue admettrait volontiers qu'on a affaire à des erreurs plutôt qu'à d'aussi « extraordinaires variations dans la vie cellulaire ». Un peu plus loin pourtant il revient à une hypothèse plus favorable aux chimistes. « Il y a quelque chose, semble-t-il, que ces analyses ne nous dévoilent pas et qui mériterait d'être recherché. » Mes résultats répondent, je crois, à ce desideratum.

Chez les Laminaires, qui sont principalement en cause, j'ai observé l'accumulation, au cours de l'été, d'une forte réserve hydrocarbonée qui a pour conséquence une diminution des matières minérales. Presque tous mes spécimens ont été cueillis par moi-même, toujours en place; les autres l'ont été, suivant mes indications, par le personnel expérimenté de la station biologique de Roscoff. Je ne crois pas qu'il soit possible d'incriminer la signification des matériaux soumis à l'analyse; d'ailleurs, comme on va le voir, le phénomène, considéré dans son ensemble, rentre facilement dans les lois de la Physiologie générale.

Je prends comme type *Laminaria Flexicaulis*. La lame fraîche ne diffère pas sensiblement d'une saison à l'autre comme aspect, consistance, ni épaisseur; elle pèse toujours à peu près 9^g par décimètre carré; mais la substance sèche (à 100°) en constitue, l'été, 24 à 25 centièmes; en mars, 15 à 16 centièmes seulement. Simplement séchée à l'air, la feuille de Laminaire de printemps apparaît *mince*, *membraneuse*, auprès de la feuille d'été

(¹) Séance du 15 décembre 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1082.

(³) C. Sauvageau, *Réflexions sur les analyses chimiques d'algues marines* (*Revue générale des Sciences*, t. 29, 1918, p. 541).

ou d'automne qui est relativement *charnue;* elles se recouvrent l'une comme l'autre d'efflorescences blanches, mais purement salines dans le premier cas, presque purement sucrées dans le second. De telles différences tombent sous le sens; elles étaient notées comme je viens de le faire par les paysans d'Écosse au XVIII[e] siècle, à ce que rapporte Turner dans son *Histoire des Fucus* (1809).

L'efflorescence sucrée est, on le sait, de la mannite; c'est de la mannite presque pure, comme je l'ai vérifié avec M. Powick. Mais un hydrate de carbone soluble plus important est resté à l'intérieur de la feuille; on peut le doser beaucoup plus facilement que l'amidon des plantes vertes, à peu près comme le glycogène des animaux, auquel il ressemble.

Cinq grammes de matière hachée sont mis à digérer, en agitant de temps en temps, sur le bain-marie, avec 100^{cm^3} à 200^{cm^3} d'eau additionnée de 1 pour 100 d'acide acétique; après 3 heures, on ajoute 1 pour 100 d'acide fort, et l'on refroidit; on décante ou on filtre le liquide, on lave la matière restante et on la remet à macérer à froid dans une solution de carbonate de soude à 5 pour 1000; elle se transforme en une gelée, qu'on coagule par un acide fort à 1 pour 100 et qu'on épuise en pressant le résidu dans un nouet. L'ensemble des liquides d'épuisement est alors soumis à l'hydrolyse, puis titré comme glucose. Pratiquement, on peut se contenter de la première digestion, les substances qu'on veut doser étant dès ce moment à la même concentration, dans le liquide libre et dans celui qui imbibe les fragments de feuille.

Additionné, après neutralisation, de quatre volumes d'alcool, ce liquide donne, pour les plantes d'été, un volumineux précipité blanc qui se réduit à une trace dans les plantes de mars; il s'agit de la *Laminarine* de Schmiedeberg, ou d'un groupe de substances analogues. La teneur en Laminarine est régulièrement plus grande dans la partie moyenne de la lame que dans la partie voisine du stipe (plus jeune) et surtout que dans l'extrémité libre (plus vieille). Elle peut atteindre et dépasser 40 centièmes (en matière sèche).

L'examen microscopique ne révèle rien, si l'on a fait les coupes en milieu aqueux ou hydro-alcoolique titrant moins de 60°; la Laminarine s'étant dissoute et les parois cellulaires s'étant redressées, les lames membraneuses de mars ou les lames les plus charnues fournissent des coupes indiscernables.

J'ai dosé les cendres (avec M[me] Lapicque) en carbonisant d'abord la matière une demi-heure au rouge naissant, épuisant par l'eau chaude (*cendres solubles*), puis calcinant au rouge vif le résidu qui blanchit alors facilement (*cendres insolubles*).

Voici les proportions centésimales de la matière sèche en fonction de la saison (moyenne de plusieurs individus bien développés, lame à l'exclusion du tiers terminal).

Saison.	Hydrates de carbone solubles.	Cendres	
		solubles.	insolubles.
Équinoxe de printemps	1,1	28,2	7,5
Fin mai	5,0	20,1	6,3
Solstice d'été	8,9	15,8	6,4
Août et septembre	33,9	13,4	4,6

Les variations quantitatives de matières minérales sont bien celles qui ressortent des chiffres des auteurs et qui ont pu sembler paradoxales.

Si l'on prend les chiffres extrêmes et qu'on les rapporte à 1000 de plante fraîche (d'après la proportion de substance sèche indiquée ci-dessus), il vient :

	Hydrates de carbone solubles.	Cendres	
		solubles.	insolubles.
Fin de l'hiver	2	45	12
Été	81	32	11

Les cendres insolubles n'ont pas sensiblement changé; il y a un balancement entre les sucres et les sels solubles; 13^g de ceux-ci ont été remplacés par 79^g des premiers, auxquels il faut ajouter au moins 10^g de mannite; étant donnée la nature des molécules en présence, il est plausible qu'il s'agisse simplement d'une substitution isotonique.

En résumé, on peut rendre compte de tout ce qui vient d'être constaté, en disant qu'à partir du printemps le suc cellulaire des algues s'enrichit en laminarine et en mannite, et, corrélativement, s'appauvrit en sels. On conçoit facilement que tel soit le résultat du travail chlorophyllien en fonction de l'éclairage, dont la différence saisonnière doit être encore plus grande sous l'eau que sur le sol.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action comparée de la chloropicrine sur le charançon et sur le tribolium.* Note de MM. **Gabriel Bertrand**, **Brocq-Rousseu** et **Dassonville**, présentée par M. Roux.

Le *Tribolium navale F.* [1] est un petit coléoptère de couleur ocracée, d'environ 3 millimètres de longueur, que l'on rencontre dans les céréales avariées, le son, la vieille farine, etc. Nous l'avons trouvé, mais en moins

---

[1] *T. navale = T. ferrugineum F.*

grand nombre, dans le maïs auquel nous avons fait allusion dans une Note antérieure ([1]). Cet insecte nous paraît, d'après une première expérience, incapable de s'attaquer aux grains en bon état, et ne pouvoir vivre qu'aux dépens de ceux qui ont été déjà perforés par le charançon. Il occasionne des dégâts moins étendus que ceux de l'autre espèce, mais sa destruction s'impose cependant, surtout dans certains cas.

On pouvait supposer que le traitement par la chloropicrine, dans les circonstances que nous avons indiquées, devait détruire à la fois le charançon et les autres parasites susceptibles de l'accompagner. Or, nous avons reconnu que, lorsqu'on s'en tient aux conditions limites de concentration et de durée qui assurent la mort du charançon, le tribolium résiste : la séparation des deux parasites est pour ainsi dire quantitative.

Le tribolium se protège-t-il mieux que le charançon à l'intérieur du grain? Est-il moins sensible à l'action de la vapeur toxique? Pour le savoir, nous avons mesuré, dans une série d'expériences parallèles, l'action comparée de la chloropicrine sur le tribolium et sur le charançon, en opérant comme dans nos expériences antérieures.

Voici les résultats que nous avons obtenus, les insectes étant par groupes de dix individus, la capacité du flacon de 8 litres et la température comprise entre + 14 et + 19 degrés :

Nombre de grammes par m³.	Temps mortel. Charançon.	Temps mortel. Tribolium.
	h m	h m
1......	15. 0	40. 0
2......	8.15	17.30
3......	6.15	10. 0
4......	5.10	7.50
5......	4.30	6.15
6......	3.45	5.15
7......	3.35	4.30
8......	3. 0	4.15
9......	2.30	4. 0
10......	2.15	3.45
15......	1.30	2.50
20......	1.20	2.10
25......	1. 5	1.35
30......	0.50	1.20

Ces résultats montrent nettement que la cause de la séparation des deux espèces d'insectes dans le traitement des grains contaminés est explicable par une inégale résistance à la chloropicrine.

Nos mesures comparatives ont été complétées par les expériences suivantes :

a. Dans deux flacons de 8^l, on a mis 6^l de maïs contenant des charançons et des

([1]) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 880 et 1059.

triboliums. Dans le premier flacon on a ajouté une dose de chloropicrine correspondant à 25g par mètre cube et dans le second une dose correspondant à 30g. Après 24 heures, tous les charançons étaient morts et il restait environ 50 pour 100 de triboliums vivants.

b. Les conditions ont été les mêmes que dans l'expérience précédente, mais une durée plus longue a été essayée. Après 24 heures, les charançons seuls étaient morts. Après 60 heures, tous les triboliums l'étaient aussi.

c. Comme en *a* et en *b*, mais en augmentant la dose de chloropicrine. Avec 38g par mètre cube, après 48 heures, il y avait encore des triboliums vivants. Avec la dose de 40g et le même temps, tous les insectes étaient morts.

Au point de vue théorique, il est intéressant de rapprocher ce procédé de séparation du tribolium et du charançon de celui qui est utilisé en bactériologie, lorsqu'on veut reconnaître le bacille typhique mélangé au colibacille. Dans un cas comme dans l'autre, on se trouve en présence de deux espèces, ici végétales, là animales, vivant ensemble, dans les mêmes conditions de milieu, et dont on arrive à conserver la première en détruisant la seconde par l'action ménagée d'une substance toxique : phénol ou chloropicrine.

Au point de vue pratique, il est facile de déterminer, en s'appuyant sur les résultats quantitatifs obtenus, les conditions à réaliser pour détruire à la fois le charançon et le tribolium. Nous y sommes parvenus, dans le cas du maïs, en traitant les grains placés dans des sacs, exactement comme nous l'avons décrit au sujet du charançon, mais en laissant agir la chloropicrine pendant au moins 24 heures.

ZOOLOGIE. — *Sur un nouvel Épicaride* (Ancyroniscus bonnieri, *n. g.*, *n. sp.*), *parasite d'un Sphéromide* (Dynamene bidentata *Mont.*). Note de MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil**, présentée par M. Bouvier.

Des diverses familles d'Épicarides, celles des Cabiropsidæ (parasites d'autres Isopodes) est la moins connue : ses rares représentants n'ont guère été rencontrés jusqu'ici qu'à l'état d'exemplaire unique et adulte. La seule étude précise qu'on en possède est celle du genre *Clypeoniscus*, par Giard et Bonnier [1], basée sur quelques femelles adultes trouvées sur des

---

(1) Giard et Bonnier, *Contributions à l'étude des Epicarides : XX. Sur les Epicarides parasites des Arthrostracés, etc.* (*Bul. sc. France-Belgique*, t. 25, 1895, p. 417).

Idothea conservés dans l'alcool. En dehors de ces adultes, relativement peu instructifs à cause de leur extrême régression, Giard et Bonnier ont pu décrire la première forme larvaire (épicaridienne) et le stade dit cryptoniscien.

Nous avons pu faire l'étude complète d'une espèce de cette famille, trouvée à l'anse Saint-Martin (près le cap de la Hague) et vivant sur un Sphéromide (*Dynamene bidentata*). Tout en montrant, par ses stades larvaires, des affinités des plus étroites avec le genre *Clypeoniscus*, cet Epicaride doit former un genre nouveau, *Ancyroniscus* (¹). L'espèce sera *A. Bonnieri*.

La *femelle adulte* a la forme de deux sacs clos, pleins d'embryons et réunis par un isthme très étroit. L'*un de ces sacs, extérieur à l'hôte*, occupe dans la cavité incubatrice de celui-ci la place de la ponte. Il est rouge orangé, vaguement lobé, dépourvu de tout appendice. A maturité complète des embryons, il s'ouvre, sur la ligne médiane de la face interne (ventrale), une fente longitudinale à bords festonnés, par où s'échappent les larves, comme chez *Clypeoniscus*. *L'autre sac est à l'intérieur de la cavité viscérale du Sphérome.*

Les *femelles jeunes* fournissent l'interprétation de ce singulier parasite. Leur *thorax est à l'extérieur de l'hôte*, dans sa cavité incubatrice, orienté transversalement et annelé. La région céphalique offre des vestiges d'appendices (les lames mandibulaires et deux paires de pattes thoraciques rudimentaires, au voisinage de la bouche, comme chez *Clypeoniscus*). Deux des segments thoraciques prennent, de bonne heure, une grande largeur et forment la masse principale de la partie externe du parasite. *L'abdomen, situé à l'intérieur du Sphérome*, a développé deux paires de volumineux lobes latéraux, occupés par les sacs hépatiques turgescents, pleins d'un liquide épais rougeâtre. A la face ventrale, on distingue encore les limites des segments, dont le dernier forme une petite saillie pygidiale. L'ovaire s'étale à la face dorsale des sacs hépatiques. Ces femelles sont fécondées de très bonne heure : les deux oviductes sont pleins de spermatozoïdes. Dans l'ensemble, l'animal a assez bien la forme d'un ancre (d'où le nom générique choisi), dont la tige est le thorax, et dont les bras (doubles) sont les lobes abdominaux latéraux. Le parasite remplit presque toute la cavité viscérale de l'hôte.

(¹) De ἀγχνά ancre, et ονισχος ânon.

Nos observations, basées sur près de 2000 *Dynamene* et sur plus de 100 parasites, nous permettent d'affirmer que seules les femelles adultes du Sphérome sont infectées, immédiatement après leur ponte, ou au cours de celle-ci, qui, dans ce cas, paraît enrayée. L'Epicaride se nourrit des embryons du Sphérome qu'il suce et dont on retrouve tous les noyaux dans ses sacs hépatiques. On comprend pourquoi les Sphéromes mâles ne sont jamais parasités, ni les femelles jeunes. La pénétration de l'abdomen du parasite dans l'hôte a lieu au stade cryptoniscien : nous avons retrouvé, en effet, dans le Sphérome, la partie abdominale de la mue de ce stade. La croissance du parasite comprend deux périodes bien distinctes : la première, pendant laquelle il absorbe les embryons de l'hôte; la seconde, où il ne se nourrit plus, l'œsophage étant atrophié et où la masse nutritive, accumulée dans les sacs hépatiques, est graduellement résorbée et utilisée pour le développement de l'ovaire. Pendant cette seconde phase, s'ébauche la cavité incubatrice. Sans que nous ayons assisté à tous les stades de la différenciation de celle-ci, nous pouvons affirmer qu'elle se forme comme celle des *Hemioniscus* et des Liriopsidés, que nous avons étudiés antérieurement. Le processus paraît général chez les Cryptoniscidés (*sensu lato*), dont la cavité incubatrice interne s'oppose à celle des autres Epicarides, externe et formée par des oostégites.

L'œuf a une segmentation superficielle. La larve épicaridienne est de tous points semblable à celle du genre *Clypeoniscus*, décrite avec une précision parfaite par Giard et Bonnier. Même similitude, jusque dans le détail, entre les deux genres, pour le stade cryptoniscien, où l'animal fonctionne comme mâle, avant de se fixer à l'hôte et de se transformer en femelle.

Les formes larvaires montrent les affinités étroites des genres *Clypeoniscus* et *Ancyroniscus*. Ainsi se confirme, une fois de plus, le parallélisme rigoureux entre les familles d'Epicarides et les groupes de Crustacés qu'elles parasitent. La famille des Cabiropsidés est spécifique des Isopodes. Les rapports si spéciaux d'*Ancyroniscus* avec son hôte, les déformations particulières qui en résultent, nous ont paru imposer pour le parasite de *Dynamene*, la création d'un genre nouveau, dont le faciès et la biologie apportent un type intéressant de plus à la série déjà si variée des Epicarides.

BACTÉRIOLOGIE. — *Précipitation mutuelle des toxines et de leurs antitoxines. Application au titrage des sérums antidiphtérique et antitétanique.* Note de MM. M. NICOLLE, E. DEBAINS et E. CÉSARI, présentée par M. Roux.

On sait que divers sérums antitoxiques fournissent des précipités spécifiques quand on les mélange avec les poisons correspondants; d'où l'idée, émise par Calmette et Massol, d'utiliser ce phénomène pour titrer le sérum anticobraïque. Personne n'avait obtenu jusqu'ici de résultats positifs, en faisant agir les sérums antidiphtérique et antitétanique sur les toxines homologues. Une étude approfondie de la précipitation nous a permis d'y arriver et d'appliquer la réaction au dosage des deux antitoxines. Nous n'aborderons pas, aujourd'hui, le côté théorique de la question. Mentionnons seulement que si, dans la genèse de tout précipité de cette nature, l'anticorps intervient pondéralement pour la plus grande part, la quantité d'antigène présent joue, de son côté, un rôle essentiel. Le succès de nos expériences tient en effet exclusivement à l'emploi de toxines *concentrées*.

Technique. — On sature, par le sulfate de soude anhydre, des filtrats de cultures diphtériques et tétaniques. On sèche les précipités obtenus (vide sulfurique) et on les réduit en poudre homogène. On dissout $0^g,8$ de poudre dans 10^{cm^3} d'eau distillée. On mêle (parties égales) la solution toxique et une solution préalablement fondue (40°) de gélatine dans l'eau physiologique (10 pour 100 de gélatine, réaction neutre). On répartit le mélange en tubes, sous le volume de 1^{cm^3}. On fait prendre à la glacière. On verse, sur les culots solides, 1^{cm^3} de sérum antitoxique de plus en plus dilué : au $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, etc. On abandonne pendant deux heures (température ambiante) et on lit. Tout résultat positif se traduit par l'apparition d'un disque blanchâtre, à la limite du sérum dilué et de la « toxine-gélatine ». Il importe que la solution toxique et le sérum soient absolument limpides.

Résultats obtenus. — Le sérum antidiphtérique n'est délivré par le Service sérothéraphique de l'Institut Pasteur que s'il contient 300 unités au centimètre cube; le sérum antitétanique, que s'il en renferme 4000 (méthode L. Martin). Ces chiffres correspondent tous deux, dans notre procédé, à la formation d'un disque net, pour 1^{cm^3} de sérum dilué au $\frac{1}{50}$. Au-dessous, les sérums sont insuffisants; au-dessus, de plus en plus actifs. Le nombre élevé de titrages, effectués *in vivo* par M. Loiseau et *in vitro* par nous-mêmes, ne saurait laisser le moindre doute sur la concordance parfaite des deux moyens de dosage. Notre méthode offre l'avantage d'une grande simplicité et, qui mieux est, d'une économie considérable de temps,

de travail et d'argent. Elle permet, également, d'étudier la naissance et les progrès du pouvoir antitoxique au début de l'immunisation, quand le titrage chez l'animal serait sans intérêt pratique (commencer, alors, la série des tubes avec le sérum dilué à $\frac{1}{5}$. On peut donc espérer distinguer, de façon précoce, les bons et les mauvais chevaux et, en éliminant ces derniers, économiser encore temps, travail et argent.

(Inutile d'ajouter que les phénomènes de précipitation sont absolument spécifiques et que les sérums normaux se montrent toujours inefficaces sur les deux toxines envisagées ici.)

La concordance des titrages *in vivo* et *in vitro* impose l'idée que les effets observés dépendent bien de l'action mutuelle des toxines et des antitoxines. D'autres substances, qui leur sont liées physiquement ou chimiquement, interviennent sans conteste, mais d'une manière subordonnée. D'ailleurs, si l'on fait usage de poisons portés pendant 5 minutes dans l'eau bouillante (et refroidie), la précipitation se trouve retardée et « décalée » (elle exige infiniment plus de sérum pour se produire).

Nous avons dit que la lecture des résultats devait être pratiquée après 2 heures. Si l'on attend davantage (par exemple, 15-20 heures), les chiffres s'élèvent constamment, mais la concordance avec le titrage chez l'animal apparaît moins satisfaisante, même en modifiant l'échelle des valeurs. Pourquoi? Parce que l'inter-réaction des toxines et des antitoxines, comme *tout* phénomène naturel, dépend d'un facteur quantitatif et d'un facteur qualitatif. Le titre du sérum nous renseigne sur le premier, la rapidité d'apparition du précipité sur le second, qui offre évidemment une grande importance *in vivo*, comme on pouvait le deviner.

A 16 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 16 juin 1919.)

Note de MM. *A. Lacroix* et *Tilho*, Esquisse géologique du Tibesti, de l'Erdi et de l'Ennedi. Les formations sédimentaires :

Page 1172, Carte du Tibesti-Borkou-Ennedi (échelle $\frac{1}{5000000}$), l'échelle graphique représentant 200^{km} doit être figurée par une ligne ayant 40^{mm} de longueur au lieu de $31^{mm},5$.

(Séance du 1er septembre 1919.)

Note de M. *Tilho*, Les matières premières et les chemins de fer de l'Afrique tropicale au nord de l'Équateur :

Page 421, Carte des chemins de fer d'Afrique, l'échelle graphique représentant 100^{km} doit être figurée par une ligne ayant 28^{mm} de longueur au lieu de $31^{mm},5$.

(Séance du 3 novembre 1919.)

Note de M. *H. Deslandres*, Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes :

Page 746, formule (6), *au lieu de* $\frac{F(n.p)}{2} \times m$, *lire* $\frac{F(n.p)}{2} \times m^2$.

Page 749, dans la colonne du grand tableau intitulée : Fréquence de la bande d'intensité maxima, à la troisième ligne, *au lieu de* 42176, *lire* 42332.

(Séance du 1er décembre 1919.

Note de M. *Charles Moureu*, Présentation à l'Académie d'une étude intitulée « Lavoisier et ses continuateurs » :

Page 1014, ligne 11 en remontant, *au lieu de* de découvertes antérieures, *lire* des découvertes antérieures.

Note de M. *Stéphan Procopiu*, Couches de métal, d'épaisseur minima, mesurées par leur force électromotrice :

Page 1031, ligne 10, *au lieu de* α l'angle de la droite avec l'axe des épaisseurs, *lire* α l'angle de la droite avec l'axe des temps.

Même page, avant-dernière ligne, *au lieu de* et sur le cuivre $1^{\mu\mu},2$, *lire* et sur le carbone $1^{\mu\mu},2$.

Note de M. *Charles Staehling*, Sur la radioactivité de l'uranium :

Page 1037, première ligne du tableau, *au lieu de* Oxyde noir et vert, *lire* Oxyde noir-vert.

Page 1038, ligne 4, *au lieu de* l'activité avait baissé, *lire* l'activité α avait baissé.

Page 1039, ligne 1, *au lieu de* Parmi les résultats, *lire* Parmi ces résultats.

(Séance du 8 décembre 1919.)

Note de M. *G. Valiron*, Sur les ensembles réguliers de mesure nulle :

Page 1081, ligne 5, *au lieu de* $\frac{1}{nq}$, *lire* $\frac{1}{n^q}$.

(Séance du 15 décembre 1919.)

Note de M. *E. Ariès*, Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des fluides :

Page 1142, formules (4) et (5), *au lieu de* $\frac{RT_c}{8P_c}$, *lire* $\frac{8P_c}{RT_c}$.

Note de M. *A. Recoura*, Sur une nouvelle forme complexe du sulfate chromique :

Page 1165, ligne 20, *au lieu de* originel ou complexe, *lire* originel en complexe.

(Séance du 22 décembre 1919.)

Prix Henry Wilde :

Page 1306, ligne 7 en remontant, *au lieu de* deux prix de mille francs, *lire* deux prix de deux mille francs.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-NEUVIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1919.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 169.

A

ANATOMIE.

ASTRONOMIE.

B

BIOLOGIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

D

E

ÉLECTRICITÉ.

F

G

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MÉTÉOROLOGIE.

MICROBIOLOGIE.

MINÉRALOGIE.

N

O

OPTIQUE.

P

PALÉONTOLOGIE.

PATHOLOGIE.

R

S

T

U

V

Z

ZOOLOGIE.

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
64616-21 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.